electronia + radio + tv

Televisión II

ediciones AFHA

electronia + radio + tv

método especialmente ideado para aprender por sí mismo

electronia + radio + tv

tomo XI

televisión II

AFHA

el método de

electronia radio tv

comprende los siguientes títulos:

Tomo I	**Teoría y montajes iniciales**
Tomo II	**Válvulas de vacío. Electrometría teórico-práctica**
Tomo III	**Detectores. Osciladores. Amplificadores**
Tomo IV	**Amplificadores B.F. Altavoces. Válvulas amplificadora**
Tomo V	**El superheterodino de AM**
Tomo VI	**Receptores de frecuencia modulada**
Tomo VII	**Transistores**
Tomo VIII	**Alta fidelidad**
Tomo IX	**Instrumentos de medida**
Tomo X	**Televisión (I)**
Tomo XI	**Televisión (II)**
Tomo XII	**Televisión (III)**

© AFHA Internacional, S.A.
c/. Maestro Nicolau, 4 Barcelona (21)
Decimosexta edición: Cuarto trimestre 1980
Depósito legal: B. 40.886-1975
ISBN: 84-201-0274-1 Obra completa
ISBN: 84-201-0276-8 Tomo 11
Impreso en España
Printed in Spain
Impreso por EMOGRAPH, S.A.
Almirante Oquendo, 1-9 Barcelona (20)

prólogo

Este volumen constituye el segundo de un curso completo de televisión, tanto en blanco y negro y en color como por circuitos con válvulas o con transistores. Las explicaciones y los fundamentos de la televisión fueron dadas a título básico en el volumen anterior.

En este tomo seguiremos la señal de TV desde su captación por la antena receptora y a su paso por los circuitos del televisor. Lógicamente, estudiaremos las líneas de transmisión y las antenas en sí mismas. Este primer estudio se desarrolla en forma muy amplia, pues es punto fundamental para obtener una buena imagen, especialmente cuando la zona de recepción está alejada de la de emisión.

A continuación pasamos al estudio detallado de cada circuito en particular y de cómo este circuito se relaciona con los demás para constituir el conjunto que es el televisor. Esta segunda faceta es la que más debe interesarnos, pues cada circuito en sí mismo puede mejorar, y de una forma u otra varía con el progreso tecnológico. La trama de los diversos circuitos con sus funciones propias que actúan entre sí constituye la auténtica realidad del televisor.

Si comprendemos perfectamente el porqué y la necesidad de la función de cada circuito podemos estar siempre al día en televisión. Además, este conocimiento básico de todo televisor nos permitirá, si es del caso, proceder al diagnóstico y reparación de cualquier aparato televisivo, sea cual sea el material y circuito de fabricación.

Después del estudio detallado de las antenas analizamos como primera etapa la de sintonía por ser la primera o entrada de la señal al televisor.

Se consideran en sintonía, tanto en válvulas como en transistores, las versiones más modernas de los sintonizadores integrados de VHF/UHF, así como los denominados «electrónicos» que utilizan «varicaps».

Indudablemente, esta parte del estudio de los circuitos y de la interacción múltiple entre los mismos se desarrolla teniendo en cuenta los conocimientos de la electrónica fundamental y radio que ya se han adquirido.

Los conceptos de televisión en color se tratan simultáneamente en cada circuito con funciones comunes para la TV-Color y la tradicional en blanco y negro.

En el aspecto práctico, todos los circuitos se describen en función de los elementos comercializados que son los que marcan la pauta de la realidad cotidiana de la televisión. Así, se incluyen también muchas fotografías para mostrar los componentes reales, incluyendo las pletinas o paneles de circuito impreso o alambrado ya efectuado en la fabricación del componente.

Finalmente, y según el conocimiento adquirido —recordemos la importancia de las funciones antes que la constitución de los circuitos— se dan las normas obligadas para la buena fabricación del televisor por el estudioso; es decir, el reconocimiento de materiales, su ubicación en un chasis de acuerdo con las funciones que han de desarrollar los componentes de cada circuito, cableado, etc.

índice

Lección 62 - página 1

TELEVISIÓN 7. Introducción al estudio de las antenas. Las antenas para televisión; propagación de la señal de TV. Bandas y canales según normas CCIR para TV y FM con indicación de las emisoras de TVE; las antenas de TV; frecuencia de resonancia de una antena; longitud de la antena; punto de alimentación de las antenas; impedancia de una antena; el suelo como plano de referencia de las antenas; direccionalidad de las antenas. Tipos de antenas básicas; la antena omnidireccional de polarización vertical «Ground Plane»; la antena dipolo; la antena dipolo doblado; el dipolo doblado, transformador de impedancias; líneas de transmisión; impedancia característica; atenuación; simetría - asimetría; cables de bajada de antena; líneas simétricas; líneas bifilares no apantalladas; cinta plana bifilar; tubo bifilar; cinta oval bifilar; líneas bifilares apantalladas; líneas asimétricas con cable coaxial; antenas directivas de elementos múltiples y ganancia elevada; ganancia de una antena; comportamiento de un elemento parásito en las antenas Yagi; antenas Yagi múltiples. Eficacia direccional de una antena Yagi; antenas Yagi en paralelo; las antenas directivas para UHF; antenas Yagi para UHF; antenas con reflector diedro; ejemplo práctico de instalación; las antenas para TV en color.

Lección 63 - página 37

TELEVISIÓN 8. Antenas colectivas. Características y normas de instalación. Las antenas y su conexión; impedancia y simetría. Magnitud de la señal de televisión. Conexión de varios televisores a la misma antena. Amplificadores de antena. Instalaciones con antena alejada y retransmisiones. Conjuntos VHF-UHF y radiotelevisión.Atenuadores. Interferencias. Instalación de las antenas de televisión. Diferencias entre la instalación de antenas de VHF y UHF. Las antenas colectivas; material empleado en la instalación de antenas colectivas. Directrices para la planificación, erección y entrega de instalaciones de antenas colectivas; estado actual de la técnica de instalación de antenas; requisitos técnicos de las instalaciones de antenas colectivas; orientación de datos generales para establecer un proyecto de características de las instalaciones; acto de pruebas y entrega de instalaciones de antenas colectivas; esquema eléctrico de la instalación de antena. Notas prácticas de instalación de antenas; herramientas; operaciones; observaciones; montaje mecánico. Reglamentación de las antenas colectivas.

Lección 64 - página 95

TELEVISIÓN 9. Estudio de los circuitos de entrada, selectores y sintonizadores. El televisor. El amplificador de alta frecuencia. El circuito de entrada. El amplificador. El amplificador transistorizado de AF. La conversión de frecuencia. El oscilador local. La conversión. El oscilador transistorizado. El mezclador transistorizado. Dispositivos prácticos de sintonía. El selector de VHF. El sintonizador de UHF. El sintonizador de UHF transistorizado.

Lección 65 - página 135

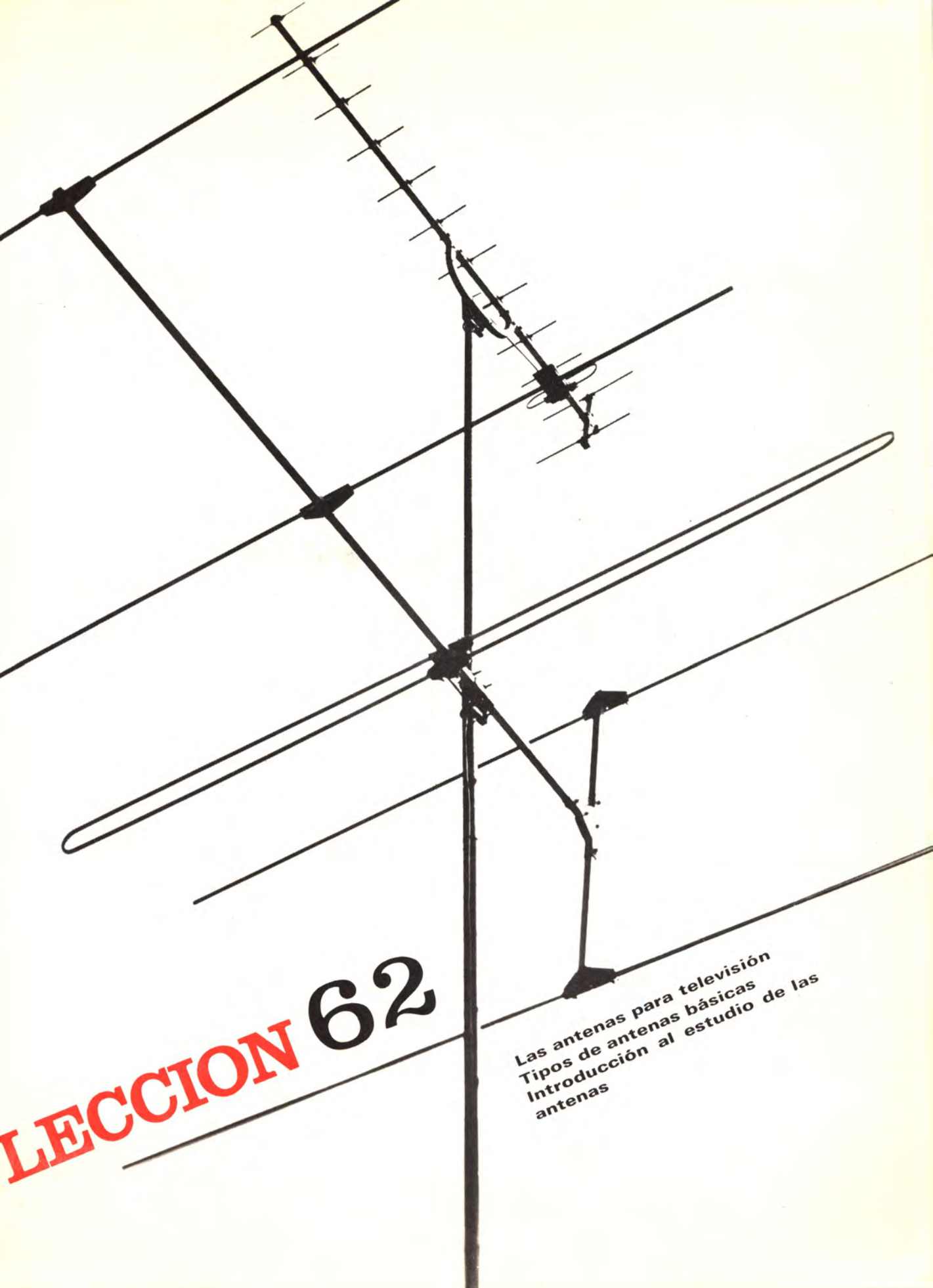
TELEVISIÓN 10. Introducción al estudio y funcionamiento de los circuitos de sintonía y FI. Introducción. Selectores de VHF transistorizados. Adaptación de UHF. Conversor de UHF en antena. Convertidor de UHF independiente. Conversor interno de UHF/VHF. Sintonizador de UHF acoplado a la entrada de un selector de VHF. Sintonizador de UHF acoplado directamente a la etapa de FI. Sintonizador de UHF acoplado a la entrada FI de UHF de un selector de VHF. Sintonizador integrado de VHF/UHF. El sintonizador electrónico integrado. Amplificación en frecuencia intermedia. Anchura de banda en FI. Características generales de los amplificadores de FI. Sistemas de amplificación. Sistemas de banda pasante. Sintonía escalonada (stagger tuned). Manera de conseguir la curva de respuesta en FI. Sistemas de acoplamiento en FI. Filtros y trampas. El control automático de ganancia (CAG) en FI. Amplificador con sintonía escalonada. Amplificador de FI con sintonía por banda pasante. Consideraciones básicas para el estudio de los amplificadores de FI. Ganancia de amplificación. Estudio de los pasos de amplificación. Factor de calidad de los filtros. Particularidades de las válvulas para el amplificador FI. Ganancia del paso de FI. Descripción de un amplificador experimental de FI para TV de baja sensibilidad. Circuitos trampas. Circuitos filtros.

Lección 66 - página 177

TELEVISIÓN 11. Estudio teórico-práctico de las etapas de FI. El amplificador de FI transistorizado; sistemas de amplificación de FI con transistores; sistemas de acoplamiento; curva de respuesta; ganancia de FI; transistores para equipos de FI; pasos de amplificación; neutralización; paso de salida del amplificador de FI; polarización; control automático de ganancia; circuitos amplificadores de FI con transistores; amplificador de FI con transistores de germanio; amplificador de FI con transistores de silicio; circuitos prácticos de amplificadores transistorizados de FI para TV. Particularidades de la FI en televisores de color. La demodulación. La detección de video. La conversión de la señal de sonido. Análisis de la señal de TV. Impulsos de sincronismo. Información de sincronismos.

Lección 67 - página 209

TELEVISIÓN 12. Circuitos de las etapas de sonido y alimentación de TV. La información contenida en la señal de TV. El amplificador de FI de sonido; amplificadores con válvulas; amplificadores transistorizados. Frecuencia intermedia de sonido según otras normas que la CCIR. La etapa amplificadora de frecuencia intermedia de sonido «reflex». El amplificador de BF del televisor. La etapa de alimentación del televisor. La alimentación de los televisores con válvulas; el caldeo de los filamentos; el filtro y las distribuciones en AT. Estabilización de la tensión de alimentación de los televisores con válvulas. Convertidores para la alimentación de los televisores a válvulas con una batería.



LECCION 62

Las antenas para televisión
Tipos de antenas básicas
Introducción al estudio de las antenas

televisión 7

INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LAS ANTENAS

LAS ANTENAS PARA TELEVISION

Las antenas nacieron al mismo tiempo que la comunicación inalámbrica. Faraday, Branly, Maxwell, Hertz, Popoff y Marconi marcaron los jalones de su desarrollo. De hecho, fue Alejandro Stepanovich Popoff quien, en 1895, ideó la antena al utilizar una *varilla exploradora* para detectar los disturbios atmosféricos, la cual utilizó más tarde, con un oscilador de Hertz, para irradiar señales.

En esta reseña histórica de la obra del profesor ruso Popoff se halla uno de los principios fundamentales de la antena: sus propiedades son reversibles entre la emisión y la recepción.

Casi al mismo tiempo que Popoff descubría la antena, el físico alemán Hertz diseñó el *dipolo* simple que sirve de base a innumerables tipos de antenas, especialmente las de televisión.

Puede decirse que en los primeros tiempos de la radiofonía tanto valía la antena como el receptor; sin embargo, el prodigioso progreso tecnológico ha llevado a la creación de receptores de radio cada vez más sensibles y emisores cada vez más potentes, lo cual hizo posible que dichos receptores no necesitasen antena —cuando menos la exterior—. La utilización de las frecuencias ultraaltas de la FM, de la televisión y de las microondas ha actualizado la antena y le ha restituido su importancia primordial en la recepción. (Decimos *recepción*, ya que en emisión siempre ha conservado y desempeñado esta importancia.)

En televisión no se puede pensar en contentarse con cualquier cosa que pueda servir de antena; la antena de TV obedece a las mismas reglas que las antenas para ondas ultracortas y su instalación ha de considerarse fundamental, aunque en muchos casos resulte onerosa.

Una antena de TV debe proporcionar la máxima *ganancia* para aportar a la entrada del televisor la mayor tensión posible de señal; debe tener una gran *directividad* para captar la máxima señal directa y evitar las reflejadas; debe estar *sincronizada* a la frecuencia de la señal que se capta, poseyendo una *anchura de banda* suficientemente amplia según el sistema o norma de televisión en que se trabaje —que siempre tiene gran anchura y lleva conjuntamente las señales moduladas de vídeo y de sonido—.

Finalmente, la *línea de transmisión* o bajada de antena que la acopla al televisor debe poseer las características adecuadas para no menguar el rendimiento del conjunto.

De todo ello se infiere que la técnica de las antenas es producto de estrictos estudios y cálculos y constituye capítulo fundamental de la electrónica; quien quiera obtener el máximo rendimiento del televisor o televisores que maneje debe estudiar muy a fondo las antenas, tanto en el aspecto teórico como en el práctico.

Propagación de la señal de TV

La propagación de las señales de TV es similar a la de cualquier electromagnética. Una parte de la radiación queda absorbida por los obstáculos o captada por las antenas y el resto se refleja.

Según la forma en que se propague la señal de TV cabe distinguir los siguientes casos:

— Propagación directa (fig. 1).
— Propagación por reflexión (fig. 2).
— Propagación por difracción (fig. 3).
— Propagación por refracción (fig. 4).

La propagación directa es la que más interesa; en principio, es la que corrientemente se representa por el tópico de «hasta donde alcanza la vista». Sin embargo, también se puede captar la señal de TV —si tiene suficiente intensidad y no la falsean los obstáculos— por la propagación reflejada en un obstáculo (montaña, edificio, etc.), por la difractada siguiendo la ladera de las montañas o colinas o siguiendo la línea del horizonte y, finalmente, por la refractada en las capas inferiores de la ionosfera (refracción debida al estado ionizado de esta zona de la atmósfera).

No obstante, en cuanto a la propagación por reflexión de la señal en obstáculos, debe tenerse en cuenta que a la antena receptora pueden llegar simultáneamente señales de propagación directa y de propagación reflejada por varios obstáculos. Como los trayectos son más o menos largos en unos casos que en otros, las diferentes señales no coinciden con exactitud en el tiempo y se forman imágenes *fantasmas* que pueden llegar a ser molestas. (Fig. 5.)

Por lo general las reflexiones están producidas por montañas, aviones, edificios, etc.; pueden evitarse en parte utilizando antenas de gran *directividad*, correctamente establecidas con relación al emisor.

Si la línea de bajada de antena es muy larga pueden producirse reflexiones, en especial si las impedancias no se corresponden.

Cualquier antena, tanto emisora como receptora, cubre un área mayor cuanto mayor sea la altura a que se instale.

Por el principio de reciprocidad de las antenas, el comportamiento de la antena receptora es el mismo que el de la emisora. Por tanto, si ésta tiene sentido horizontal o vertical, aquélla debe colocarse en la misma forma. El modo de colocar

Figura 1.

Figura 2.

Figura 3

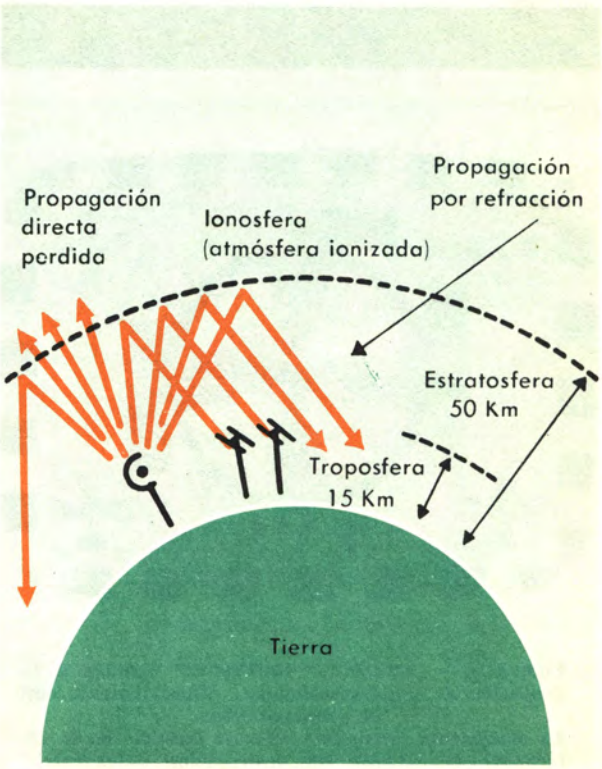
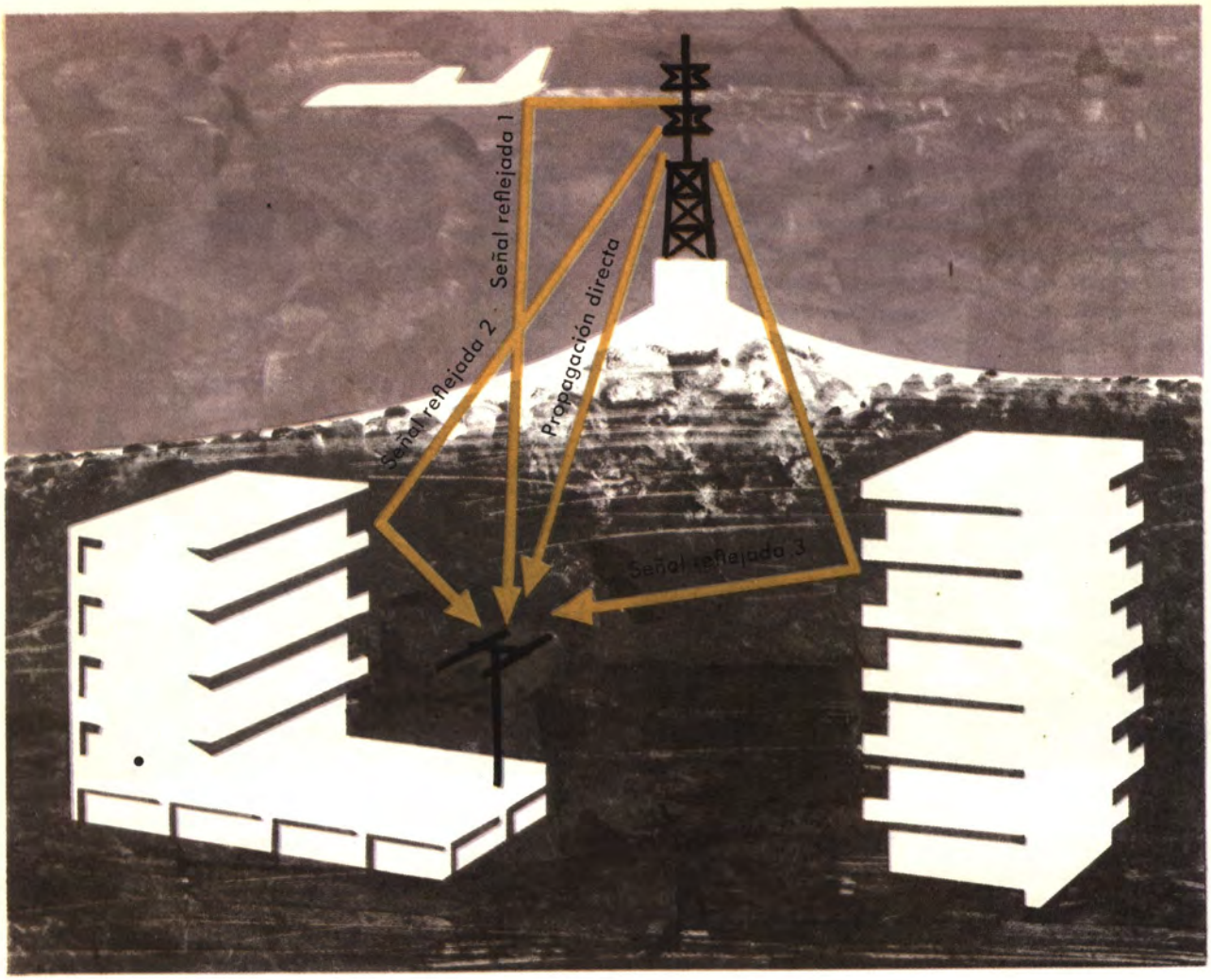


Figura 4.



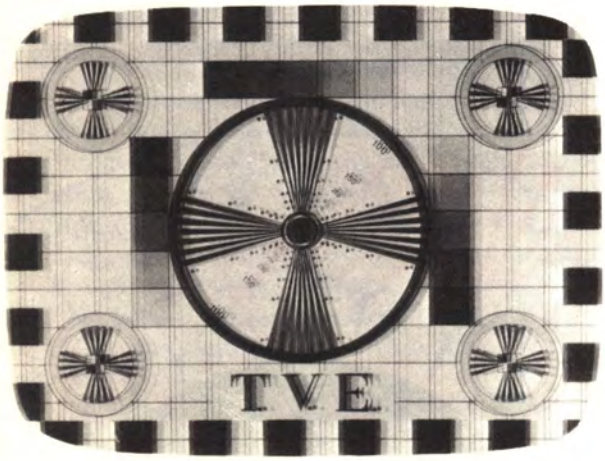


Figura 5. — Imágenes "fantasmas" debidas a la captación de señales reflejadas, conjuntamente con la señal directa.
La separación entre imágenes es función de la diferencia de tiempo de propagación —trayecto— entre señales.

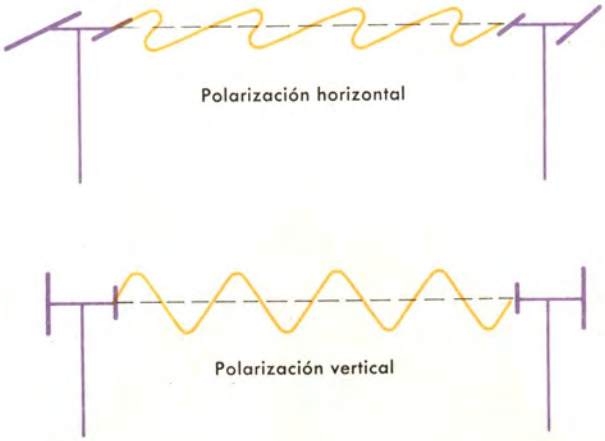


Figura 6. — Las antenas receptoras deben disponerse en la misma forma de polarización que la antena emisora de la región.

la antena en el transmisor, y en consecuencia en el receptor, se denomina *polarización de la señal.*

En general la polarización horizontal proporciona menor nivel de ruidos y de perturbaciones espúreas y mayor alcance en la transmisión. Sin embargo, en algunos países o regiones se utilizan los dos sistemas para evitar la recepción de señales de dos o varios emisores próximos en el mismo canal; en este caso, uno emite con polarización vertical y otro con polarización horizontal.

En España se emplea el sistema de polarización horizontal.

En el campo de las emisiones de televisión y de radiodifusión en modulación de frecuencia, la propagación se efectúa principalmente por onda directa sin que intervenga refracción en la ionosfera, lo cual da lugar a una propagación estable. En la práctica, la onda directa da un alcance que puede cifrarse aproximadamente por el *límite de visibilidad* entre la antena emisora y la receptora.

Como excepción, a causa de la refracción en la ionosfera o en un techo atmosférico entre capas de aire a temperaturas diferentes, en pleno día de verano, en la zona costera del Levante español se puede recibir —y se reciben— las emisiones de la RAI italiana (produciéndose a veces interferencias, por tratarse de canales de la misma frecuencia).

La tabla que sigue describe las bandas y canales de televisión según C.C.I.R., tanto en VHF como en UHF, con indicación de las emisoras de Televisión Española, con el fin, entre otros, de saber qué tipo y dimensiones de antena son necesarios en una instalación dada.

BANDAS Y CANALES SEGÚN NORMAS C.C.I.R. PARA T.V. Y F.M. CON INDICACIÓN DE LAS EMISORAS DE T.V.E.

TABLA I

BANDA I (VHF)

CANAL 5	FRECUENCIAS en MHz 5		Emisora T.V.E.
	Video	Audio	
2	48,25	53,75	Navacerrada ("Bola del Mundo")
3	55,25	60,75	Zaragoza (La Muela) Alicante (Aitana) Oviedo (Camonitero) Tenerife (Izaña)
4	62,25	67,75	Madrid (Chamartín) Barcelona (Tibidabo) Bilbao (Sollube) Santiago (El Pedroso) Sevilla (Guadalcanal)

BANDA II (FM)

Frecuencias de 87,5 a 100 MHz reservadas a la radiodifusión en frecuencia modulada, se indican aquí para tener en cuenta las dimensiones de antenas FM que son de la misma naturaleza que las de TV y para tener en cuenta su combinación en conjuntos y en antenas colectivas.

TABLA 2

BANDA III (VHF)

CANAL 5	FRECUENCIAS en MHz 5		Emisora T.V.E.
	Video	Audio	
5	175,25	180,75	Lérida (Alpicat) Valencia (Torrente)
6	182,25	187,75	Mallorca (Alfabia)
7	189,25	194,75	Granada (Lújar)
8	196,25	201,75	Burgos (Villadiego)
9	203,25	208,75	
10	210,25	215,75	
11	217,25	222,75	

TABLA 3

BANDA IV (UHF)

CANAL 5	LIMITES DE FRECUENCIA en MHz 5	Emisora T.V.E.
21	470 - 477	Madrid (Chamartín)
22	478 - 485	Bilbao (Archanda) Valencia (Torrente)
23	486 - 493	
24	494 - 501	Navacerrada ("Bola del Mundo")
25	502 - 509	
26	510 - 517	
27	518 - 525	
28	526 - 533	
29	534 - 541	

30	542 - 549	
31	550 - 557	Barcelona (Tibidabo)
32	558 - 565	Alicante (Aitana)
33	566 - 573	Zaragoza (La Muela)
34	574 - 581	
35	582 - 589	
36	590 - 597	
37	598 - 605	

BANDA V (UHF)

TABLA 4

CANAL 5	LIMITES DE FRECUENCIA en MHz 5	Emisora T.V.E.
38	606 - 613	
39	614 - 621	
40	622 - 629	
41	630 - 637	
42	638 - 645	
43	646 - 653	
44	654 - 661	
45	662 - 669	
46	670 - 677	
47	678 - 685	
48	686 - 693	San Sebastián (Jaizquibel)
49	694 - 701	
50	702 - 709	
51	710 - 717	
52	718 - 725	Sevilla (Valencina)
53	726 - 733	
54	734 - 741	
55	742 - 749	
56	750 - 757	
57	758 - 765	
58	766 - 773	
59	774 - 781	
60	782 - 789	

Nota.- Téngase en cuenta que aunque en varios canales no haya emisora, existe una extensísima red de alrededor de 300 repetidores de televisión que retransmiten en casi todos los canales.

Las antenas de TV

Aunque hoy en día, en la mayor parte de los casos, para la recepción ordinaria de las emisiones de radiodifusión en AM, la antena no es un elemento indispensable, en modulación de frecuencia (FM) y en televisión la antena constituye un elemento muy importante del sistema de recepción.

La antena es el primer circuito del televisor —el de captación de la señal— y merece tanta mayor atención cuanto mayor sea la frecuencia del canal a sintonizar; y además, porque este circuito se halla a la intemperie.

En razón de la frecuencia, debe prestarse muchísima atención a la calidad de los aislamientos. En realidad no se dispone de ninguno suficientemente bueno, por lo que debe estudiarse mucho la elección del más adecuado. En razón de la intemperie, deben tenerse en cuenta los problemas de oscilación, absorción de humedad de los materiales, desviaciones producidas por el viento y resistencia mecánica a la acción de éste.

Es bastante usual subestimar la instalación de la antena para TV; se considera como casi superflua y en muchos casos se cree que cualquier cosa puede servir. En algún que otro caso se utiliza un cordón flexible paralelo (del que se emplea en instalaciones eléctricas) como cable de bajada de antena, y ésta se construye con dos agujas de hacer punto clavadas en un tapón de corcho. (Y quienes lo hacen alaban los buenos resultados de su *sistema*.) Pero la realidad es muy distinta, ya que la antena de televisión es mucho más compleja que la de radio en AM. Es una antena especializada para un servicio a frecuencias muy elevadas; capta a un mismo tiempo una onda portadora de video (modulada en amplitud por la señal de video) y una onda portadora de sonido (modulada generalmente en frecuencia por la señal de sonido), incluyendo los impulsos de sincronismo, de borrado horizontal y vertical y de ecualización, etc., necesarios para *enganchar* la señal en el receptor.

Además, la antena debe captar la mayor cantidad posible de energía de la onda transmitida, para cederla a la línea de transmisión (cable de bajada) y ésta a la entrada del televisor. La intensidad de la señal transmitida presente en la zona a instalar la antena se mide por su tensión de radiofrecuencia en μV (microvoltios) y la del campo eléctrico de radiofrecuencia presente en microvoltios por metro (μV/m). Para obtener buena recepción en televisión es necesario disponer de una intensidad de señal suficiente y exenta de parásitos; por ello es necesario que la antena capte la máxima señal presente en la zona y que no capte, o capte lo menos posible, los parásitos también presentes en ella. De ahí la importancia que merece la instalación de la antena, su cuidadosa elección y la ejecución de una adecuada línea de transmisión o bajada de antena.

Para obtener una imagen de buena calidad es necesario aportar a la entrada de la mayor parte de los televisores una señal de cuanto menos 350 o 500 μV, aunque ciertos televisores dan imágenes de calidad suficiente con 50 μV y menos en los canales 2 a 4 y con 100 μV en los canales 5 a 11.

Es necesario tener bien presente que la calidad de la imagen depende en gran parte de la antena, especialmente en las zonas de señal débil. Con señales de amplitud débil a la entrada del televisor, la pantalla de éste presenta el clásico efecto *nieve*, poco contraste y pérdida de sincronismo. Recuérdese que estas perturbaciones pueden eliminarse o atenuarse con una juiciosa elección e instalación de antena.

En general, la antena da mejores resultados cuanto más alta se encuentre y cuanto más despejada se halle con relación a los obstáculos circundantes. La antena siempre tiene cierto potencial con relación a tierra; para que sus características queden bien establecidas, se establece una toma de tierra que fija el llamado *punto de potencial cero*, a partir del cual las características de la antena quedan definidas.

La antena corriente para recepción radiofónica en AM tiene longitud y características más o menos determinadas, por lo general sin punto de referencia a potencial cero. Es un captor inmerso pasivamente en el campo eléctrico de radiofrecuencia —como una barquita en el mar sujeta a cualquier acción del oleaje o de las corrientes—.

Si se sincroniza una antena —lo que equivale a decir, según veremos, si se le dan dimensiones de forma que su frecuencia de resonancia corresponda con la de la señal a recibir— se capta el máximo de señal presente en la zona. Es forzoso que la antena de emisión esté sintonizada, ya que cualquiera que sea el tipo de emisor éste emite en una sola frecuencia e interesa que radíe el máximo de energía de R.F.

Frecuencia de resonancia de una antena

La *vibración* o frecuencia de resonancia propia de una antena es comparable a la de una cuerda tensa o una varilla metálica fijada por uno de sus extremos, en las que se establecen *vientres* y *no-*

dos de vibración (fig. 7) análogos a los vientres y nodos de intensidad de una antena.

Si se aplica un impulso mecánico a una cuerda tensa fijada por sus extremos (fig. 7), ésta presenta *nodos* en los puntos de sujeción, donde la amplitud de la oscilación es nula, y se forma un *vientre* en el centro, donde se alcanza la máxima amplitud de oscilación de la cuerda. En el caso de la figura 7 A, la forma de la oscilación nos recuerda un período y medio de onda (1,5 λ) o, lo que es lo mismo, 3/2 λ, y el de la figura 7 B un semiperíodo o *media onda* ($\lambda/2$).

Una varilla metálica sujeta por un solo extremo vibra normalmente de forma que en el extremo fijado de la varilla se forma un nodo; en el extremo libre se forma el vientre o punto de máximo desplazamiento o amplitud. (Fig. 8.) Este tipo de vibración corresponde a la mitad de un semiperíodo, es decir, a un cuarto de período o, como por lo general se denomina, *cuarto de onda* ($\lambda/4$).

Hasta aquí el símil mecánico coincide con el de radiofrecuencia. Además, en radiofrecuencia a cada nodo de intensidad corresponde un vientre de tensión, y cada vientre de intensidad coincide con un nodo de tensión.

El sistema de nodos y vientres que se establece en una antena sintonizada se denomina *distri*

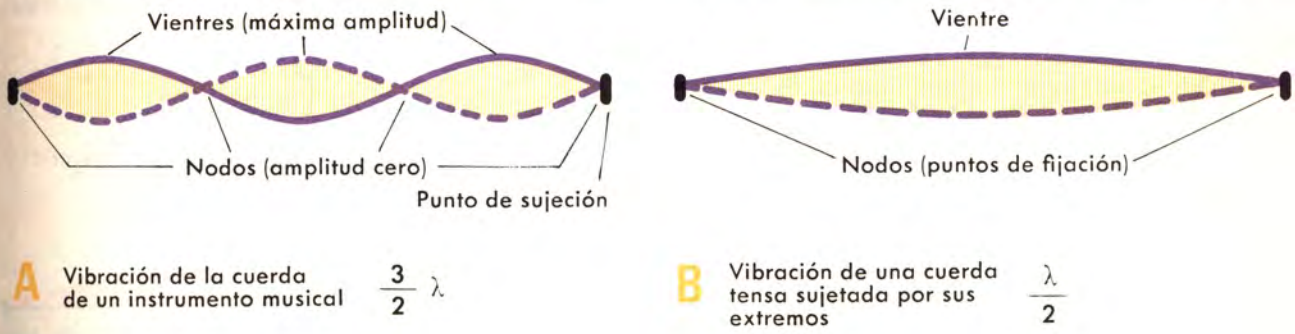


Figura 7. — Vibración de cuerdas tensadas y sujetas por sus extremos.

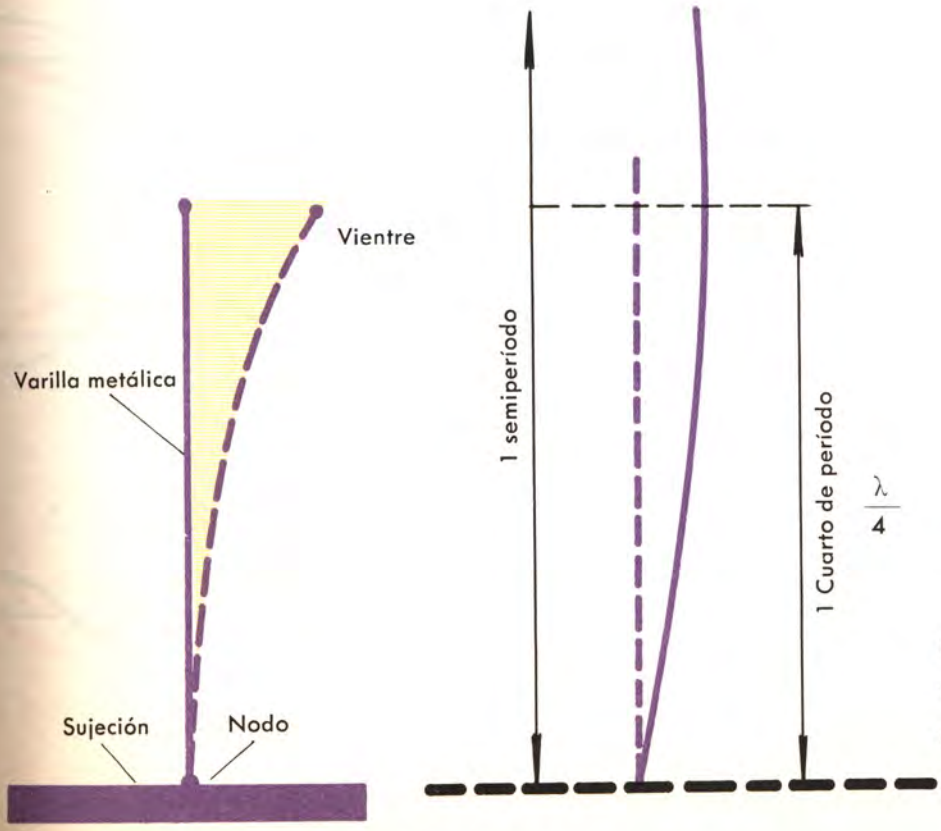


Figura 8. — Vibración en CUARTO DE ONDA ($\frac{\lambda}{4}$) de una varilla metálica sujeta por un extremo.

bución de ondas estacionarias u *ondas estacionarias*. Dentro de esta distribución de ondas estacionarias, al igual que en cualquier circuito resonante —ya que la antena sintonizada es un circuito de este tipo—, cabe destacar la vibración *fundamental* y toda la serie de vibraciones *armónicas* de múltiplos impares de la vibración fundamental.

En una antena con un polo puesto a tierra (conocida como antena Marconi) se produce un solo nodo de intensidad (vientre de tensión) en el extremo de la antena y un vientre de intensidad (nodo de tensión) en el plano de referencia de puesta a tierra. (Fig. 9.)

En antenas verticales u horizontales no unidas a tierra, la oscilación fundamental se establece para el semiperíodo, por lo que se denominan antenas de media onda ($\lambda/2$); en ellas los nodos de intensidad se hallan en los extremos de la antena y el de tensión en su centro. (Fig. 10.)

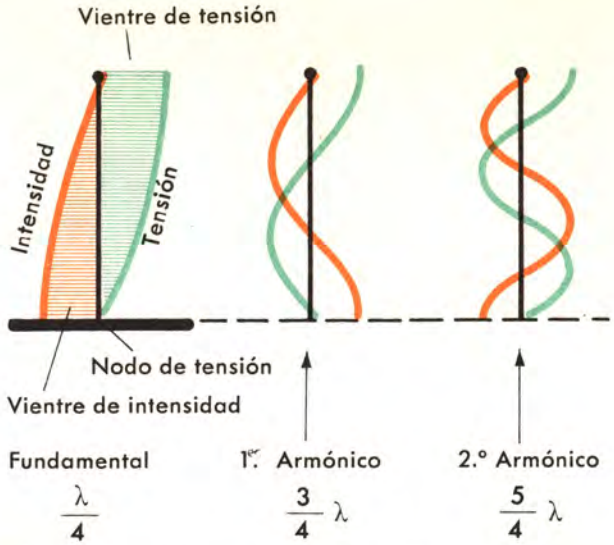


Figura 9. — Diagrama de ondas estacionarias de una antena Marconi (de cuarto de onda $\frac{\lambda}{4}$), es decir, del tipo varilla con un extremo a tierra.

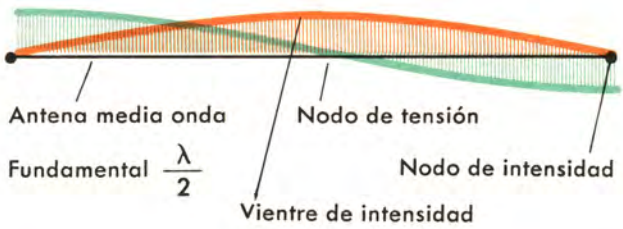
Longitud de la antena

Con todo ello vemos que una antena sólo puede entrar en resonancia a ciertas frecuencias bien determinadas (a la fundamental o a ciertos armónicos de ésta).

En general, una antena se sintoniza dando a su rama o ramas radiantes unas dimensiones que dependen de la longitud de onda o frecuencia a captar. La *longitud eléctrica* de la antena está fijada por su régimen de resonancia (un cuarto de onda o media onda). Así:

$$\text{para } \lambda/2 \text{ L antena} = \frac{\text{Longitud de onda}}{2} = \frac{\frac{300.000}{\text{frecuencia}}}{2} = \frac{150.000}{\text{frecuencia (en KHz)}}$$

$$\text{para } \lambda/4 \text{ L antena} = \frac{\lambda}{4} = \frac{\frac{300.000}{f}}{4} = \frac{75.000}{f\ (\text{KHz})} = \frac{75}{f\ (\text{MHz})}$$



1.er Armónico (onda completa) $\frac{2}{2}\lambda = \lambda$

2.° Armónico $\frac{3}{2}\lambda$

3.er Armónico $\frac{4}{2}\lambda = 2\lambda$

Figura 10. — Diagrama de ondas estacionarias de una antena de media onda $\frac{\lambda}{2}$, no conectada a tierra.

Sin embargo, debido a la influencia de los puntos aislados de sujeción (aislamiento y forma imperfectos), la *longitud material* de las antenas es aproximadamente un 5 % inferior a la eléctrica. Así, las fórmulas prácticas de cálculo de la longitud de una antena son:

$$\text{Antenas } \textit{media onda } l = \frac{143}{f \text{ (en MHz)}}$$

$$\text{Antenas } \textit{cuarto de onda } l = \frac{71{,}5}{f \text{ (en MHz)}}$$

Punto de alimentación de las antenas

En general, la alimentación del emisor a la antena o de la antena al receptor se efectúa en un vientre de intensidad.

Así, en las antenas verticales con un extremo a tierra (antenas de cuarto de onda), el punto de alimentación debe efectuarse muy cerca del extremo de tierra. (Fig. 7 A.)

Por el contrario, en las antenas de media onda con extremos aislados (antenas normalmente horizontales, aunque también pueden ser verticales), el punto de alimentación se sitúa en el centro, ya que allí se produce el vientre de intensidad. (Figura 11.) Esta conexión puede efectuarse en un punto intermedio entre el central y uno de los extremos, cuando se trata de captar una frecuencia que no es la fundamental de la antena, sino uno de sus armónicos, a condición de que coincida con un vientre de intensidad. (Fig. 12.)

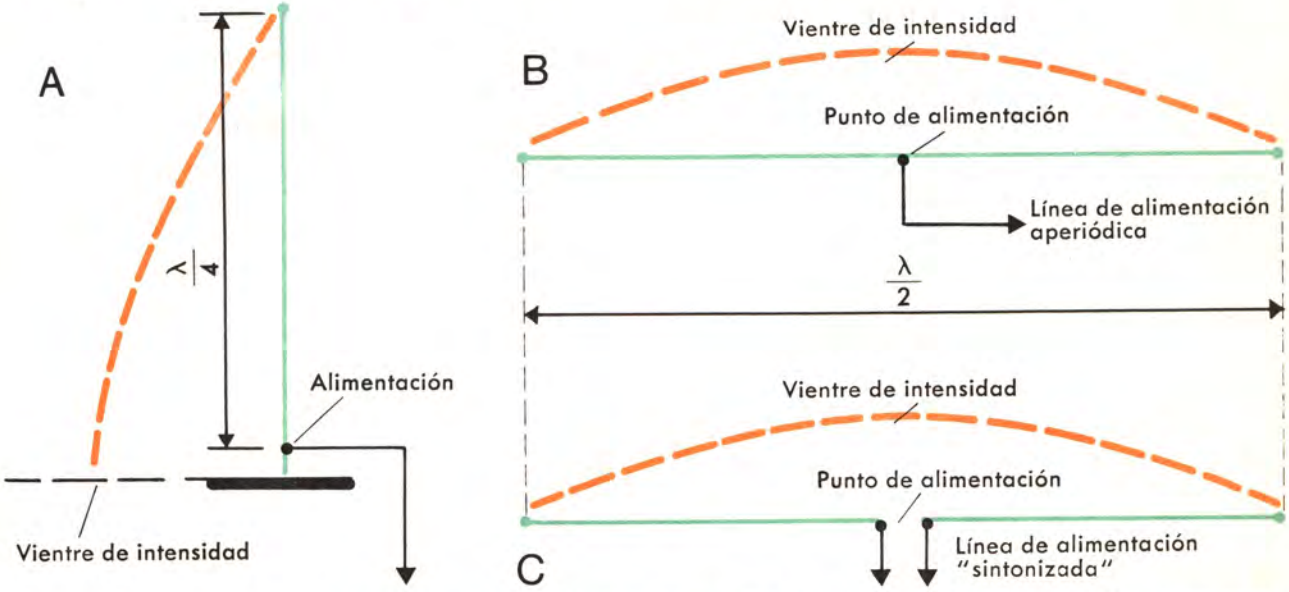


Figura 11. — La conexión de alimentación de una antena siempre se efectúa en un punto de vientre de intensidad.

(A) en la antena cuarto de onda, $\frac{\lambda}{2}$, la conexión se efectúa en un punto muy cercano al extremo de tierra.

En las antenas de media onda $\frac{\lambda}{4}$ la conexión se efectúa en el centro (B) conexión para bajada aperiódica y (C) conexión para bajada sintonizada.

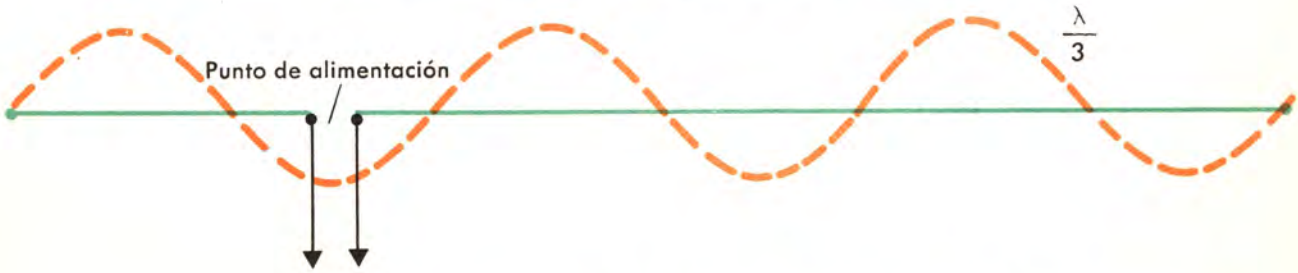


Figura 12. — La conexión de alimentación puede hacerse en un punto intermedio siempre que coincida con un vientre de intensidad.

Impedancia de una antena

Por más que la antena sea tan sólo una simple varilla o alambre, eléctricamente, en radiofrecuencia presenta cierta autoinducción y cierta capacidad que la definen en su frecuencia de resonancia, igual que a una bobina o un transformador de F.I.

La existencia de reactancias inductiva y capacitiva en el punto de alimentación implica la existencia de impedancia. En efecto, se trata de una impedancia para todas las frecuencias que no sean la de resonancia. Ante la frecuencia de resonancia, las reactancias inductiva y capacitiva tienen el mismo valor pero defasadas 180°; es decir, tienen signo contrario, con lo cual se anulan y la impedancia es cero. Por ende, *a la frecuencia de resonancia la antena es puramente resistiva.*

No obstante, el *acoplamiento* energético de radiofrecuencia entre el campo presente en la zona y el captor (la antena) se efectúa con cierta dificultad. Esta dificultad relativa actúa como una impedancia, llamada *impedancia de acoplamiento* o *resistencia de acoplamiento.* (En emisión es más empleado el término *resistencia de radiación.*)

La *impedancia de acoplamiento* define la antena para su frecuencia de resonancia, en el supuesto de que la conexión de alimentación recaiga en un vientre de intensidad. Si dicha conexión se desplaza, aumenta la impedancia de la antena, por ser la suma de la de acoplamiento y de la resultante de las reactancias inductivas y capacitivas, hasta llegar a un valor máximo en el nodo de intensidad.

El suelo como plano de referencia de las antenas.

Direccionalidad de las antenas.

La antena, físicamente, está instalada a cierta distancia del suelo. Por otra parte, el suelo es más o menos conductor desde el punto de vista de la radiofrecuencia, y por constituir una gran superficie o plano actúa como un *espejo de R.F.* que refleja la energía radiada. Esta reflexión implica un cambio de fase en retardo; y en ciertos casos contribuye a reforzar la radiación útil de la señal o su captación. No obstante, para que ello se verifique deben cumplirse ciertas condiciones bien precisas con cuya aplicación puede conseguirse dicho refuerzo. De otro modo, los defases incontrolados o incorrectos producen *señales fantasmas.*

Así, una antena situada a una altura sobre el plano de reflexión que corresponda a una semionda produce un defase en retraso de dos semiondas; es decir, de una onda completa. Con ello la onda reflejada coincide exactamente con la onda directa, aunque sea en el ciclo siguiente, reforzando así dicha onda directa.

Al contrario, si el retraso corresponde a un semiperíodo la onda reflejada casi puede anular la onda directa, ya que las amplitudes se hallarían en oposición de fase.

Si la antena es de tipo vertical, es evidente que su radiación o captación combinada de onda directa y reflejada es la misma en todos los sentidos del plano horizontal, y por ello se la denomina *antena omnidireccional.*

Al contrario, si la antena es del tipo horizontal, la combinación de ondas directas y reflejadas en la proximidad de la antena no es la misma en el eje de la antena, en el eje perpendicular o en cualquier intermedio. En este caso se trata de una *antena direccional.*

Cada uno de estos tipos de antenas tiene sus ventajas y se utilizan en razón de éstas. Si la antena debe favorecer ciertas direcciones, tanto en la emisión como en la recepción, tiene interés utilizar una antena direccional y orientarla en consecuencia.

De todo lo tratado hasta aquí se deduce que las antenas pueden ser sintonizadas o no; como en televisión se precisa captar la máxima intensidad posible de la señal, sólo nos ocuparemos, pues, de las antenas sintonizadas. Otra subdivisión de las antenas se tiene en las de polarización vertical horizontal; como en España las emisiones se efectúan con polarización horizontal, nos interesan las antenas receptoras de esta polarización. No obstante, describiremos algunas antenas simples de polarización vertical, por sus características particulares, muy significativas por los conceptos que hemos explicado. Otra clasificación que se deduce es la de antenas direccionales y omnidireccionales; de hecho en televisión se utilizan antenas direccionales para eliminar interferencias y señales fantasmas, pero en las instalaciones múltiples de radio y TV se utilizan las omnidireccionales, por lo que también consideraremos éstas.

Finalmente, partiendo de las antenas sintonizadas básicas o simples, habremos de conocer y calcular las derivadas de ellas para obtener una alta directividad, o una elevada ganancia (poder de captación) o mejor rendimiento a ciertas frecuencias, etc., con sus particularidades en la televisión en UHF o en color

TIPOS DE ANTENAS BASICAS

La antena omnidireccional de polarización vertical «Ground Plane»

Una interesante antena omnidireccional es la *ground plane* (plano de tierra) de cuarto de onda y polarización vertical. (Fig. 13.) Es una antena vertical constituida por una varilla de cuarto de onda, en cuya base se sitúa un plano de tierra de referencia o suelo artificial formado por cuatro varillas horizontales de un cuarto de onda, formando una cruz y *conectadas entre sí*. La figura 13 da las dimensiones reales de las varillas.

Esta antena tiene una impedancia de 36 Ω. Su característica es *asimétrica*, como veremos más adelante en el estudio de las líneas de transmisión, y necesita un cable coaxial para su conexión al receptor o emisor.

La figura 14 muestra una disposición con cable coaxial para adaptar la impedancia de la antena de 36 Ω a la de un cable de bajada de 75 Ω.

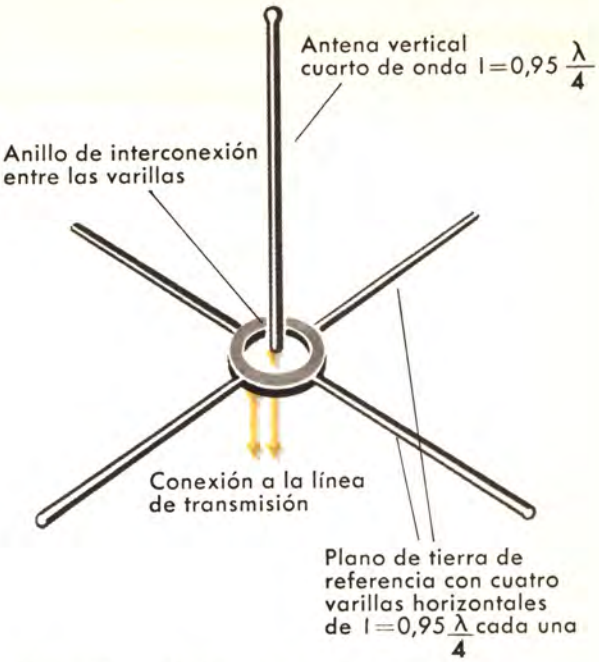


Figura 13. — Antena "Ground Plane", omnidireccional, de cuarto de onda y polarización vertical (impedancia característica de 36 Ω).

La antena dipolo

La más elemental, básica y conocida antena de televisión es el dipolo simple. Es una antena sintonizada de media onda (λ/2), según el principio ya mostrado en la figura 11, B y C. En su parte central presenta un vientre de intensidad, por cuya razón puede dividirse en dos secciones de cuarto de onda alimentadas en el centro.

La impedancia característica de esta antena es de unos 73 Ω. Esta antena, si se coloca horizontal —como es el caso en España—, es de tipo directivo bidireccional. (Fig. 15.)

Esta antena es la básica de todas las que se utilizan en muy alta frecuencia. No obstante, la impedancia o resistencia de radiación de 73 Ω y característica *simétrica* del dipolo simple no tiene una aplicación directa en los equipos comerciales, ya que la toma de antena de éstos es normalmente de 300 Ω simétrica o de 75 Ω asimétrica; es decir, para cable bifilar de 300 Ω o para cable coaxial de 75 Ω; el dipolo simple debe conectarse con cable bifilar de 75 Ω, salvo que se emplee un adaptador adecuado que luego se estudiará.

Para el cálculo de las dimensiones, se trata de una antena media onda compuesta de dos varillas de cuarto de onda, de cuya longitud eléctrica debe deducirse alrededor de un 5 % para tener la dimensión física a dar a la antena. Este tanto por ciento varía según la naturaleza del material y según la proporción existente entre el diámetro exterior del tubo utilizado y la longitud de la vari-

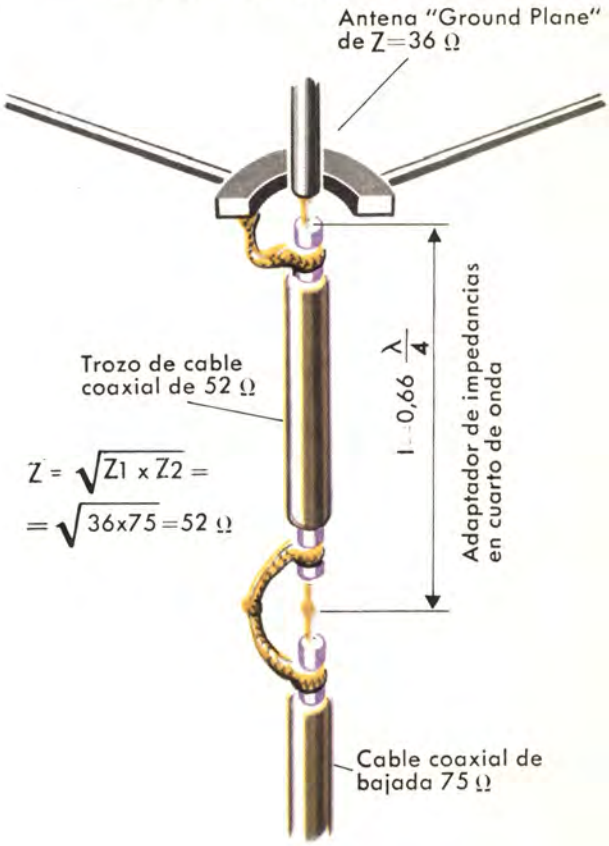


Figura 14. — Transformador adaptador de impedancias para la antena "Ground Plane" para bajada coaxial de 75 Ω, realizado con un trozo de cable coaxial de 52 Ω.

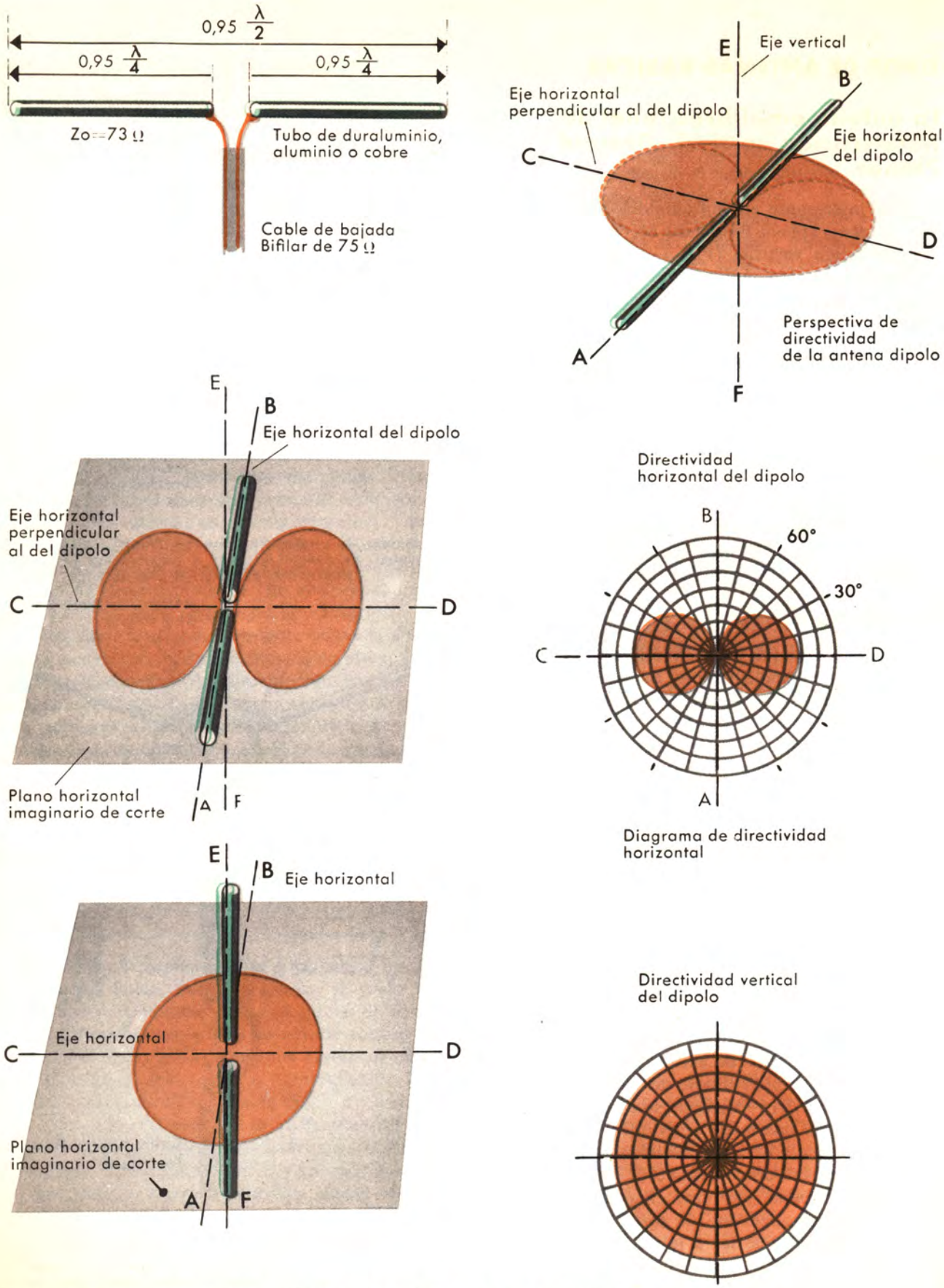


Figura 15. — La antena, básica de TV y FM, "dipolo" o Hertz y su diagrama de directividad horizontal y vertical.

lla a diferentes frecuencias (factor de esbeltez).

Como en los casos prácticos la antena deberá estar sintonizada en *banda ancha* para que pueda captar todos los canales de una banda (I, III, IV o V en TV, o II en FM); aunque sólo sea un grupo de ellos, se tomará como frecuencia de referencia en los cálculos la media entre las frecuencias que se desea recibir.

Así, en los casos prácticos, y observando las tablas de frecuencias de las bandas y canales según C.C.I.R., se utilizan antenas sintonizadas según muestra la tabla siguiente.

TABLA 5

BANDA	CANALES	Frecuencias límites MHz	Frecuencia central de sintonía MHy	Dimensión de cada sección del dipolo (cm)
I (VHF)	2-3-4	48,25 a 67,75	58	123
	2	48,25 a 53,75	51	140
	3	55,25 a 60,75	58	123
	4	62,25 a 67,75	65	110
II	FM	87,5 a 100	94	76
III (VHF)	5 al 11	175,25 a 222,75	199	36
	5 y 6	175,25 a 187,75	181,5	39,3
	7 y 8	189,25 a 201,75	195,5	36,4
	9 y 10	203,25 a 215,75	209,5	34,1
	5 al 8	175,25 a 201,75	188,5	37,8
	8 al 11	196,25 a 222,75	209,5	34,1
IV (UHF)	21 al 37	470 a 605	537,5	13,2
V (UHF)	38 al 60	606 a 789	697,5	10,2
IV-V	21 al 60	470 a 789	629,5	12,3

EJEMPLOS DE CÁLCULO

1) Interesa un dipolo para la banda I de TV (VHF); es decir, para los canales 2, 3 y 4, cuyas frecuencias límites son 48,25 MHz para el video del canal 2 y 67,75 MHz para el sonido del canal 4.
La media entre frecuencias límites es

$$\frac{48{,}25 + 67{,}75}{2} = \frac{116}{2} = 58 \text{ MHz},$$

cuya longitud de onda en metros es

$$\lambda = \frac{300}{58} = 5{,}17 \text{ m};$$

y como el dipolo es una antena de media onda, su longitud física será 0,9 $\lambda/2$:

$$l = 0{,}95 \frac{5{,}17}{2} = 2{,}46 \text{ m}$$

y cada sección o varilla $l' = \frac{2{,}46}{2} = 1{,}23$ m.

La distancia entre las dos secciones del dipolo es normalmente de

$$e < \frac{\lambda}{100}$$

es decir, «e» inferior a 6 cm.

2) Interesa un dipolo especialmente previsto para el canal 4 de TV, cuyas frecuencias límites son de 62,25 MHz para video y 67,75 MHz para la portadora de sonido:

$$\frac{62{,}25 + 67{,}75}{2} = 65 \text{ MHz}$$

$$\lambda = \frac{300}{65} = 4{,}61 \text{ m}.$$

Longitud de cada varilla, $\frac{\lambda}{4} = \frac{4{,}61}{4} \times 0{,}95 = 1{,}1$ m.

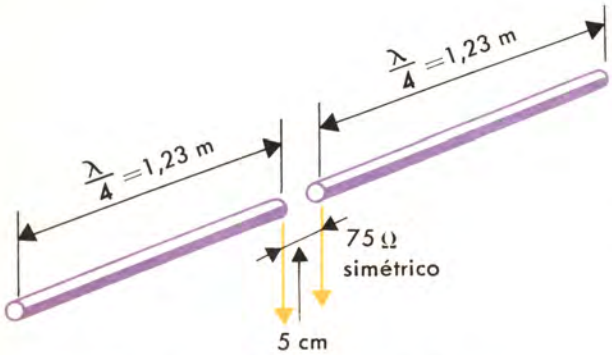


Figura 16. — Ejemplo 1: Antena dipolo para la Banda I de TV (canales 2, 3 y 4).

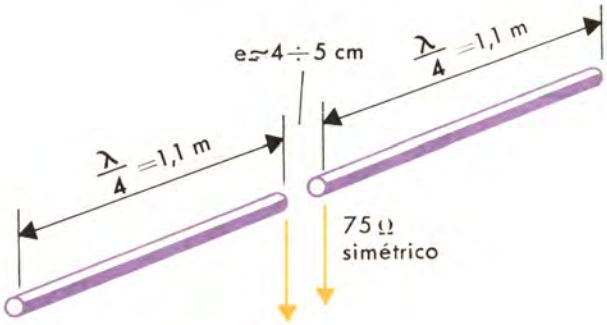


Figura 17. — Ejemplo: Antena dipolo para el Canal 4 de TV.

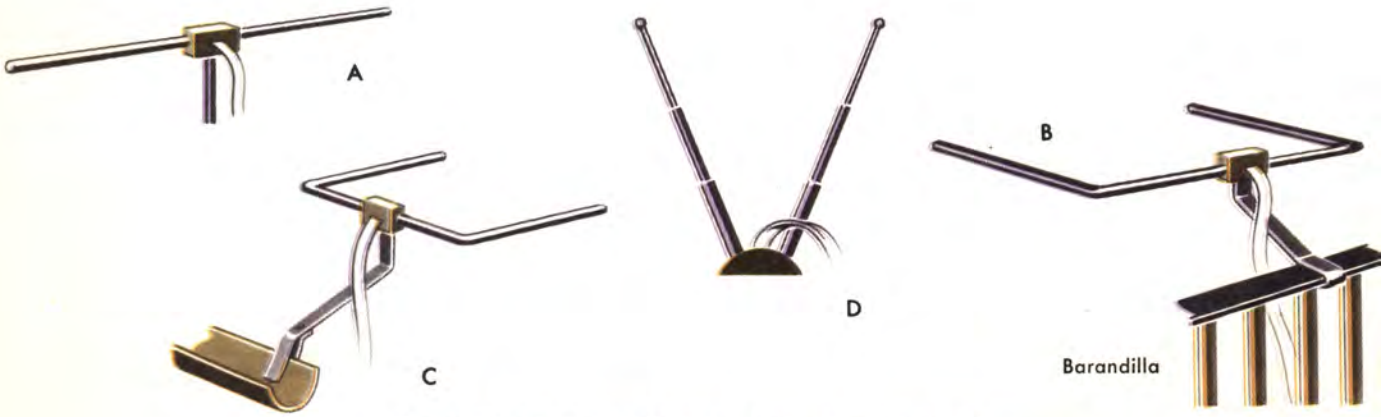


Figura 18. — Algunos tipos de antenas dipolo simple.
A) Antena dipolo recto para fijación sobre mástil.
B) Antena dipolo corto para fijación a marco de ventana o balcón.
C) Antena dipolo corto para fijación a canalón.
D) Antena interior de varillas telescópicas ("Directronic Hirschmann")

La antena dipolo doblado

La antena dipolo simple es la básica y más elemental para las muy altas frecuencias, pero la más conocida en televisión es la dipolo doblado, derivada de la anterior; de hecho, el elemento básico de cualquier conjunto de antena para televisión.

La figura 19 muestra la estructura y dimensiones de la antena dipolo doblado, que como vemos es la misma que la de la antena dipolo simple.

La antena dipolo doblado presenta sobre la dipolo simple las ventajas que se indican a continuación:

1) Al ser un solo elemento de varilla o tubo doblado en la forma característica de la figura 19, tiene gran resistencia mecánica para su utilización al exterior. 2) Presenta una impedancia más constante a las variaciones de frecuencia. 3) Por ser su impedancia cuatro veces la del dipolo simple —es decir, $4 \times 75 = 300\,\Omega$, con característica simétrica—, puede conectarse o alimentarse con una línea bifilar de $300\,\Omega$, que es la más corriente en el comercio y corresponde con la impedancia de entrada de $300\,\Omega$ de todos los televisores, sin necesidad de ningún adaptador ni transformador de impedancias.

Veamos cuál es la razón de que su impedancia sea cuádruple que la del dipolo simple. Si las dos varillas o tubos, cuya longitud es de media onda (aunque una se halle cortada para efectuar la alimentación), tienen el mismo diámetro, como están unidas por sus extremos o nodos de intensidad, se tiene a lo largo de los dos elementos la misma distribución de tensión y de corriente con el típico vientre de intensidad en el centro. Si comparamos el dipolo simple con el doblado y los suponemos colocados dentro de un mismo campo electromagnético de radiofrecuencia, la intensidad captada por cada una de las antenas es la misma, y también lo es la potencia o energía de la señal obtenible. La única diferencia está en que en el dipolo simple toda la intensidad está presente en su único elemento, mientras que en el dipolo doblado se divide por partes iguales entre los dos elementos si, como se ha supuesto, ambos son del mismo diámetro.

Como la potencia W es igual a

$$W = Z \times I^2$$

$$\text{la impedancia es } Z = \frac{W}{I^2}$$

En el dipolo simple la impedancia es

$$Zs = \frac{W}{I^2}$$

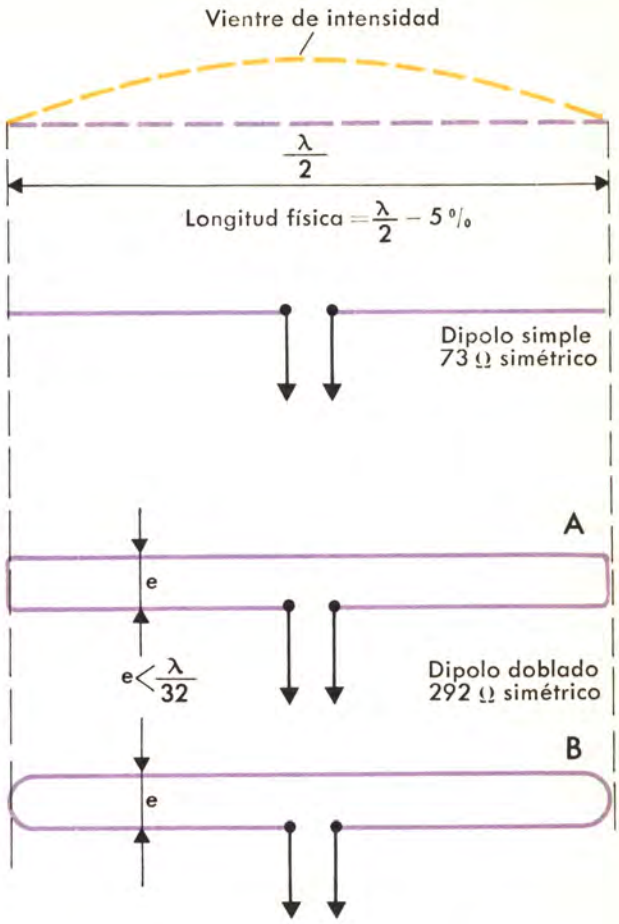


Figura 19. — EL DIPOLO DOBLADO es una antena de media onda como el dipolo simple, es también de característica simétrica y tan sólo se diferencian eléctricamente en que el "doblado" tiene una resistencia de radiación (impedancia característica) 4 veces superior a la del "simple".
A) Dipolo doblado fabricado con varilla.
B) Dipolo doblado fabricado con tubo.

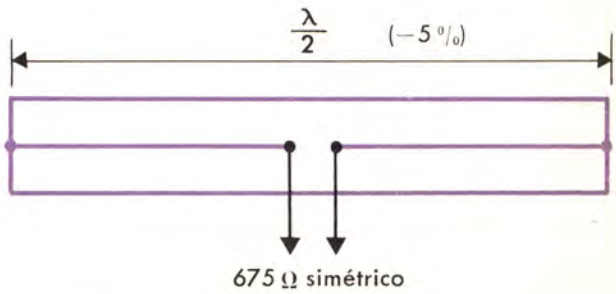


Figura 20. — Antena DIPOLO TRIPLE o doblemente doblado.

y en el dipolo doblado

$$Zd = 2\,\frac{W}{\frac{I^2}{2}} = \frac{W}{\frac{I^2}{4}} = 4\,\frac{W}{I^2} = 4\,Zs.$$

Como la impedancia característica del simple es 73,1 Ω (aproximadamente 75 Ω), la del doblado es 4 × 73,1 = 292,4 Ω (aproximadamente 300 Ω).

De modo análogo pueden calcularse otros dipolos múltiples, como el triple (fig. 20), cuya impedancia es $3^2 = 9$ veces (9 × 75 = 675 Ω) la del dipolo simple; o el cuádruple, que es $4^2 = 16$ veces (16 × 75 = 1200 Ω) superior, aunque sólo tengan aplicaciones especiales, ya que los televisores comerciales, como hemos indicado, tienen una impedancia de entrada simétrica de 300 Ω.

Las dimensiones de las antenas dipolo doblado son las mismas que las dipolo simple; es decir, 0,95 λ/2 para la longitud total, comprendidas las partes curvadas. La separación entre los dos elementos debe ser la menor posible, con la condición de mantenerla constante a lo largo de la antena. Se admite que para obtener un rendimiento satisfactorio no debe sobrepasarse una separación de 1/32 de longitud de onda:

$$e < \frac{\lambda}{32}$$

En cuanto a las varillas o tubos a emplear, debe señalarse que, puesto que en televisión se utilizan canales de gran anchura de banda, conviene que la banda pasante de la antena sea lo más ancha posible, y ello requiere gran superficie de radiación. Es la razón por la cual se utilizan tubos o varillas de cierto diámetro y no alambres como en radiodifusión (aparte del problema de resistencia mecánica de la antena en sí misma). Por otra parte, debe advertirse que desde el punto de vista eléctrico es inútil utilizar elementos macizos, ya que en radiofrecuencia la corriente circula solamente por la capa externa de los conductores (efecto pelicular); por ello basta utilizar tubos gruesos formados por materiales de la máxima conductibilidad, como cobre o aluminio. Al exterior acostumbra utilizarse de duraluminio, por su resistencia mecánica y a la corrosión.

Citaremos un dipolo doblado de gran sencillez de construcción que en muchos casos puede solventar un apuro para la puesta en servicio de un receptor de FM o de un televisor, en espera de utilizar una antena más adecuada, que se encuentre suficientemente próxima al emisor. Basta con utilizar cinta bifilar de antena, de 300 Ω, y cortarla y soldarla según indica la figura 21. Sus dimensiones se calculan en la forma acostumbrad ya que es una antena de media onda. Como dieléctrico no es aire, sino polietileno, debe apl carse un factor de corrección de 0,82.

Longitud total del dipolo doblado =

$$= 0{,}82 \times 0{,}95\,\frac{\lambda}{2}\,(\text{metros}) =$$

$$= 0{,}82 \times 0{,}95\,\frac{300}{2\,f} = \frac{117}{f},$$

siendo f la frecuencia en MHz.

Señalemos, por último, otra particularidad d dipolo doblado: al igual que en el element cortado, el corte se ha efectuado en el vientre d intensidad —es decir, en el nodo de tensión— en el elemento no cortado también existe exacta mente igual este nodo de tensión en el centr por lo que se puede sujetar el dipolo doblado e dicho lugar sin necesidad de aislar la fijación me tálica.

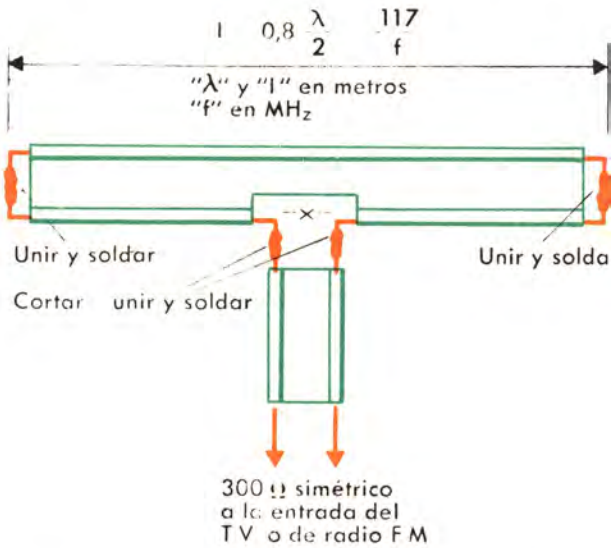


Figura 21. — Antena dipolo improvisada con un trozo de cinta plana bifilar de 300 Ω de alimentación TV.

El dipolo doblado, transformador de impedancias

Antes se dijo que la impedancia del dipolo do blado era cuádruple que la del dipolo simple, condición que los dos elementos del doblado sea del mismo diámetro.

Si se varía el diámetro de un elemento co relación al otro, así como la distancia o separa ción entre ellos, se modifica el valor de la impe dancia característica del conjunto.

Al ser diferentes los diámetros, la intensidad

y en el dipolo doblado

$$Zd = 2\,\frac{W}{\frac{I^2}{2}} = \frac{W}{\frac{I^2}{4}} = 4\,\frac{W}{I^2} = 4\,Zs.$$

Como la impedancia característica del simple es 73,1 Ω (aproximadamente 75 Ω), la del doblado es 4 × 73,1 = 292,4 Ω (aproximadamente 300 Ω).

De modo análogo pueden calcularse otros dipolos múltiples, como el triple (fig. 20), cuya impedancia es $3^2 = 9$ veces (9 × 75 = 675 Ω) la del dipolo simple; o el cuádruple, que es $4^2 = 16$ veces (16 × 75 = 1200 Ω) superior, aunque sólo tengan aplicaciones especiales, ya que los televisores comerciales, como hemos indicado, tienen una impedancia de entrada simétrica de 300 Ω.

Las dimensiones de las antenas dipolo doblado son las mismas que las dipolo simple; es decir, 0,95 λ/2 para la longitud total, comprendidas las partes curvadas. La separación entre los dos elementos debe ser la menor posible, con la condición de mantenerla constante a lo largo de la antena. Se admite que para obtener un rendimiento satisfactorio no debe sobrepasarse una separación de 1/32 de longitud de onda:

$$e < \frac{\lambda}{32}$$

En cuanto a las varillas o tubos a emplear, debe señalarse que, puesto que en televisión se utilizan canales de gran anchura de banda, conviene que la banda pasante de la antena sea lo más ancha posible, y ello requiere gran superficie de radiación. Es la razón por la cual se utilizan tubos o varillas de cierto diámetro y no alambres como en radiodifusión (aparte del problema de resistencia mecánica de la antena en sí misma). Por otra parte, debe advertirse que desde el punto de vista eléctrico es inútil utilizar elementos macizos, ya que en radiofrecuencia la corriente circula solamente por la capa externa de los conductores (efecto pelicular); por ello basta utilizar tubos gruesos formados por materiales de la máxima conductibilidad, como cobre o aluminio. Al exterior acostumbra utilizarse de duraluminio, por su resistencia mecánica y a la corrosión.

Citaremos un dipolo doblado de gran sencillez de construcción que en muchos casos puede solventar un apuro para la puesta en servicio de un receptor de FM o de un televisor, en espera de utilizar una antena más adecuada, que se encuentre suficientemente próxima al emisor. Basta con utilizar cinta bifilar de antena, de 300 Ω, y cortarla y soldarla según indica la figura 21. Sus dimensiones se calculan en la forma acostumbrada ya que es una antena de media onda. Como el dieléctrico no es aire, sino polietileno, debe aplicarse un factor de corrección de 0,82.

Longitud total del dipolo doblado =

$$= 0{,}82 \times 0{,}95\,\frac{\lambda}{2}\,(\text{metros}) =$$

$$= 0{,}82 \times 0{,}95\,\frac{300}{2\,f} = \frac{117}{f},$$

siendo f la frecuencia en MHz.

Señalemos, por último, otra particularidad del dipolo doblado: al igual que en el elemento cortado, el corte se ha efectuado en el vientre de intensidad —es decir, en el nodo de tensión—, en el elemento no cortado también existe exactamente igual este nodo de tensión en el centro, por lo que se puede sujetar el dipolo doblado en dicho lugar sin necesidad de aislar la fijación metálica.

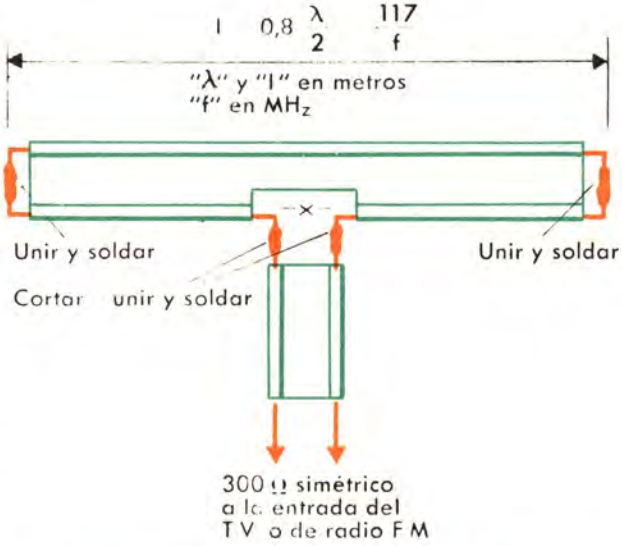


Figura 21. — Antena dipolo improvisada con un trozo de cinta plana bifilar de 300 Ω de alimentación TV.

El dipolo doblado, transformador de impedancias

Antes se dijo que la impedancia del dipolo doblado era cuádruple que la del dipolo simple, a condición que los dos elementos del doblado sean del mismo diámetro.

Si se varía el diámetro de un elemento con relación al otro, así como la distancia o separación entre ellos, se modifica el valor de la impedancia característica del conjunto.

Al ser diferentes los diámetros, la intensidad

no se distribuye por partes iguales en los dos elementos; cuando se disminuye el diámetro del elemento de alimentación respecto al otro elemento, la impedancia del dipolo aumenta; por lo contrario, disminuye cuando el diámetro del primer elemento se aumenta respecto al segundo.

El cálculo es extremadamente complicado; sin embargo, se han trazado diagramas gracias a los cuales es fácil determinar el valor de la impedancia característica de una antena dipolo doblado transformador de impedancias, como el que muestra la figura 23.

Fig. 22. — Antenas dipolo doblado transformador de impedancias.

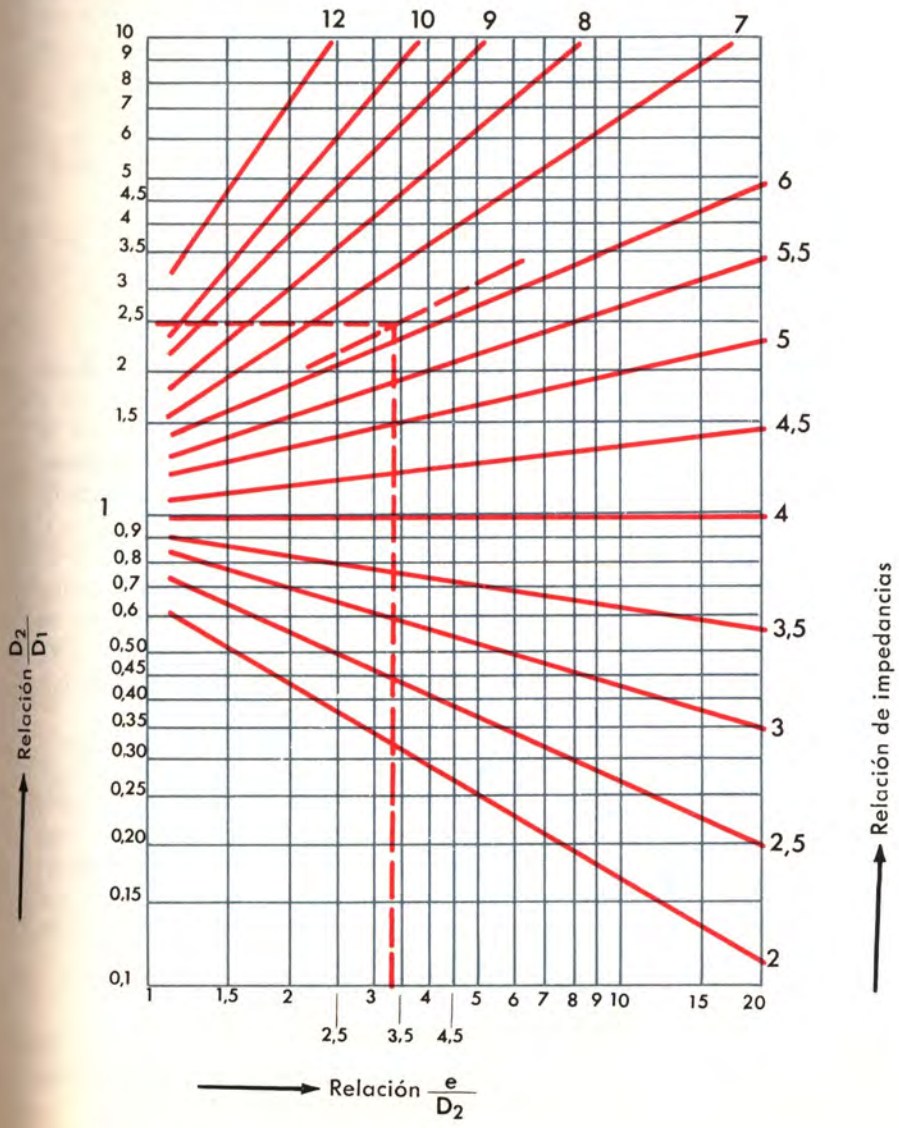


Figura 23. — Diagrama para la determinación de la relación de transformación de un dipolo doblado en función de la relación de diámetros de los elementos y de la relación de la separación al diámetro del elemento no cortado. Utilícense siempre las mismas unidades.

Así, por ejemplo, supongamos que el dipolo doblado de la figura 22 tiene las dimensiones siguientes:

$D_2 = 25$ mm, $D_1 = 10$ mm, $e = 80$ mm

Tendremos:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{25}{10} = 2{,}5$$

$$\frac{e}{D_2} = \frac{80}{25} = 3{,}2$$

En el diagrama de la figura 23 se ve que corresponde a una relación de transformación de 6,2 aproximadamente. O sea, que si suponemos que el dipolo simple tiene 73 Ω de impedancia, el doblado de la figura 22 tiene una impedancia de

$$Z = 6{,}2 \times 73 = 450\ \Omega$$

Hasta aquí hemos descrito la antena básica o elemental. Podríamos pasar al estudio de las antenas directivas de elementos múltiples y ganancia elevada (antenas Yagi, etc.), tratar de la noción de ganancia, etc. Sin embargo, es conveniente seguir tratando de la instalación básica o elemental: conocemos la antena en sí misma, pero falta estudiar la línea de transmisión o bajada que la une al receptor.

Líneas de transmisión

Por muchas razones, conviene que la antena se halle tan alta y despejada como sea factible según las condiciones de su emplazamiento. Para llevar la energía desde la antena hasta el receptor se necesita una línea de unión —que se denomina de transmisión— que no debe radiar y que además tenga las menores pérdidas posibles.

Las líneas de transmisión para llevar la energía de radiofrecuencia son de dos tipos generales: *líneas aperiódicas, o de ondas progresivas, y líneas resonantes o sintonizadas, o sea de ondas estacionarias.*

En recepción de televisión, la línea utilizada es la aperiódica o de ondas progresivas. Mientras las líneas resonantes deben tener longitudes definidas con bastante exactitud (cuarto de onda, media onda, etc.), las líneas de ondas progresivas pueden tener la longitud que más convenga sin ninguna otra precaución.

La línea de transmisión aperiódica lleva la energía de RF solamente en una dirección, desde la antena al receptor. Es decir, en la línea las ondas *progresan* o avanzan en un sentido dado, por lo cual se la denomina de ondas progresivas. Si la línea es resonante o sintonizada, se establece un sistema de vibración por ondas estacionarias.

El problema fundamental de la línea de transmisión es la adaptación a la antena y al receptor y la atenuación o porcentaje de pérdidas.

Los dos aspectos están ligados al tipo de línea de que se trate, ya que la adaptación lo es de impedancias, y la impedancia de la línea está en función de la estructura de ésta, de sus dimensiones y de sus características.

Impedancia característica

Toda línea de transmisión tiene distribuida en su longitud, en tramos «unidad», cierta autoinducción, capacidad y resistencia. Despreciando esta última por ser de poca importancia en líneas cortas, resulta que *la autoinducción y la capacidad por unidad de longitud* determinan el valor de la impedancia característica de la línea. Esta impedancia característica depende, pues, de la naturaleza y separación de los conductores y del dieléctrico empleado entre éstos.

Impedancia característica:

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

(Z_o en ohmios, L en henrios y C en faradios.)

Atenuación

Como las líneas reales tienen cierta resistencia óhmica, y sobre todo porque el dieléctrico o aislante interpuesto entre los conductores de la línea no es perfecto, se producen unas pérdidas que hacen que la tensión existente al término de una línea real sea inferior a la que existe en el inicio.

El factor de atenuación se expresa en tanto por ciento (%), o mejor en decibelios (dB); se refiere a un trozo de línea de determinada longitud, por lo general 100 m, y a una o varias frecuencias, ya que depende mucho de ella.

En el examen comparativo entre tipos de cables para bajada de antena, interesa considerar los valores de atenuación para frecuencias altas como 300, 500 ó 1000 MHz. Por otra parte, como dicha atenuación aumenta con la longitud de la línea, no basta con elegir un cable de poca atenuación, sino que además conviene que la línea sea lo más corta posible.

Simetría - Asimetría

Esta característica es muy importante para efectuar las adaptaciones.

Una línea o cable de bajada de antena bifilar es *simétrica*, ya que tiene dos conductores iguales, aparte de si tiene o no una pantalla suplementaria.

Una línea de bajada coaxial es *asimétrica*, porque en realidad se trata de un solo conductor ya que el concéntrico (coaxial) actúa como pantalla.

Si no se toma ninguna precaución en particular, una antena de característica simétrica (antena dipolo) debe unirse con cable bifilar (simétrico) a la entrada simétrica del receptor.

Con especiales precauciones en cuanto a adaptación de impedancias y utilización de simetrizadores, se utilizan líneas coaxiales (asimétricas), ya que al ser blindadas no las afectan los disturbios.

Cables de bajada de antena

Los principales tipos de líneas de transmisión aperiódicas que se utilizan para bajadas de antena son las bifilares (simétricas) y las coaxiales (asimétricas).

Líneas simétricas

La línea simétrica o bifilar está compuesta de dos conductores paralelos, separados por una distancia determinada que debe mantenerse constante.

La línea bifilar es adecuada para impedancias relativamente altas (75 a 300 Ω). Por su constitución es poco adecuada para impedancias bajas, ya que para obtenerlas los dos conductores deben estar muy cercanos y resulta muy difícil mantener la distancia crítica.

La impedancia característica de una línea bifilar se calcula por la fórmula

$$Z_o = \frac{276}{\sqrt{K}} \log \frac{2\,s}{d} \text{ (en ohmios)},$$

en la que «s» es la separación entre conductores y «d» el diámetro de los mismos (ambas dimensiones se expresan en una misma unidad) y «K» es la constante dieléctrica de la línea:
para el aire $K = 1$;
para el polietileno, que es el material más utilizado en cables de bajada de antena $K = 2{,}3$;
para el polietileno celular o expanso, que se utiliza mucho en cables de bajada $K = 1{,}5$, aunque varía mucho con el grado celular del mismo.

Las líneas simétricas o bifilares se subdividen fundamentalmente en las apantalladas o no apantalladas.

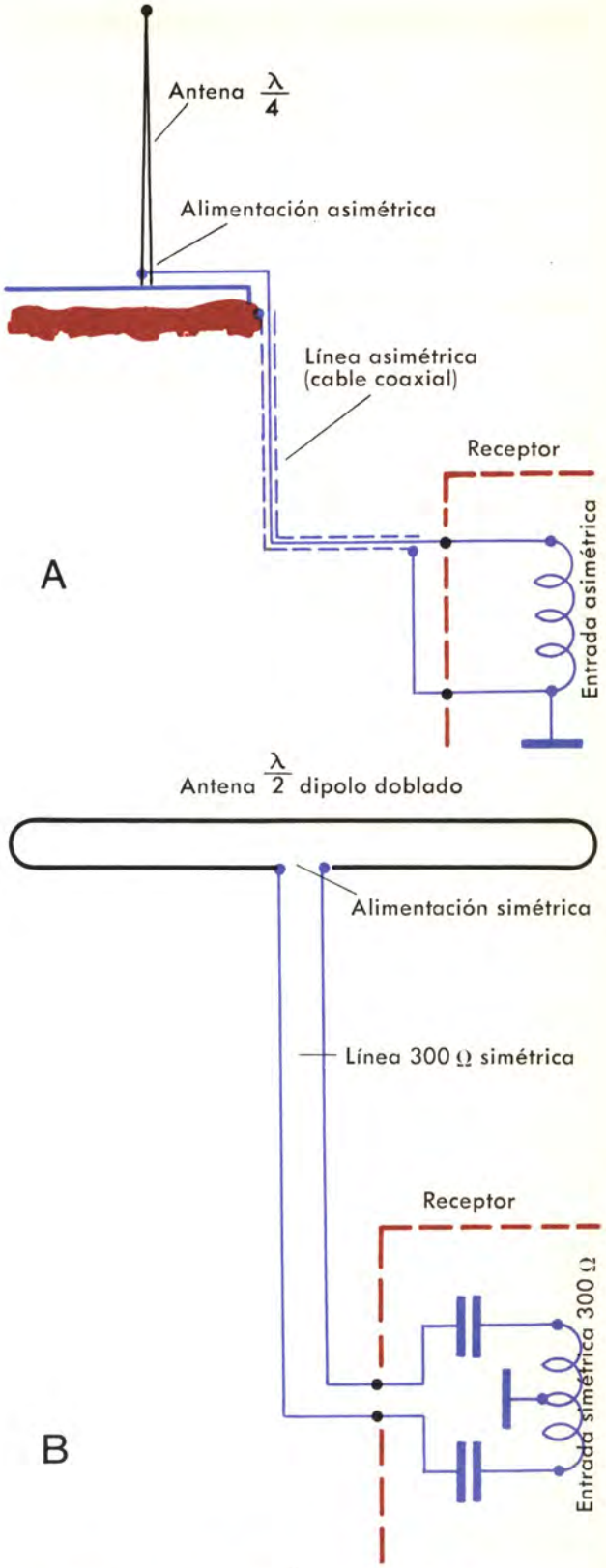


Figura 24. — Las líneas de transmisión deben ser homogéneas con las alimentaciones de antena y con las entradas de los receptores.
A) Alimentación asimétrica.
B) Alimentación simétrica.

Líneas bifilares no apantalladas

Estas líneas de amplia utilización se subdividen en tres tipos básicos que han sido desarrollados comercialmente.

— Cinta plana bifilar.
— Tubo bifilar.
— Cinta oval bifilar.

Cinta plana bifilar

Este cable se fabrica para 75 Ω, 150 Ω, 240 Ω y 300 Ω. El de mayor aplicación es el de 300 Ω. Como muestra la figura se trata de una cinta de polietileno en cuyos bordes se han inmerso los conductores de línea, con lo que se mantiene constante su separación.

Acostumbra hallarse en el comercio en los colores transparente, blanco, marfil, gris y negro. El transparente tiene utilización universal en el interior; el blanco o marfil tiene la misma aplicación aunque para un mejor aspecto de acabado.

Si bien esta línea tiene pocas pérdidas o atenuación cuando está seca y es nueva, la atenuación aumenta mucho con el tiempo, especialmente cuando es húmedo, y entonces varía mucho el valor de su impedancia característica. En efecto, las inclemencias del tiempo agrietan la cinta; la humedad y el polvo constituyen caminos de cortocircuito de diferente impedancia para la radiofrecuencia que hacen variar las características de la cinta. Por ello, en los exteriores se utiliza la de color negro, que es de polietileno mezclado con negro de carbono, lo que le confiere mayor resistencia a la intemperie; la versión en color gris tiene aplicación tanto en interiores como en exteriores, ya que dicho color no afecta estéticamente al aspecto de las paredes.

Su variación de características desaconseja su utilización en las dos frecuencias más altas, como la UHF. En general hay que prever que las instalaciones con este cable deben renovarse, por ejemplo, cada año.

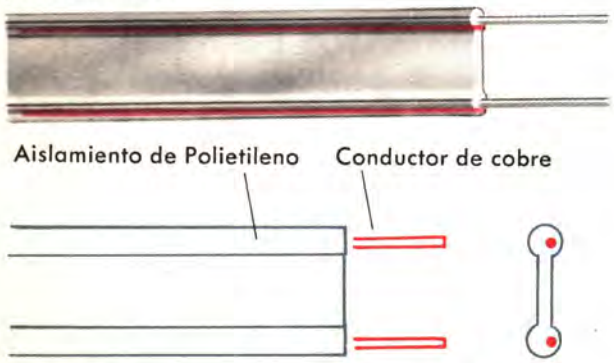


Figura 25. — Cinta plana bifilar (cable simétrico).

Tubo bifilar

Este cable es similar al anterior, aunque puede considerarse que el dieléctrico entre los dos conductores paralelos es el aire, ya que se trata de un tubo en cuya pared, y según dos generatrices opuestas, se han inmerso los conductores del par simétrico. Ello hace que sus características no varíen tanto con los agentes atmosféricos y puedan preverse instalaciones más duraderas. Con el fin de evitar la influencia de la humedad, se aconseja impedir la entrada de agua en el tubo con la disposición que indica la figura 27.

Se fabrica normalmente para la impedancia de 300 Ω y en colores blanco y gris.

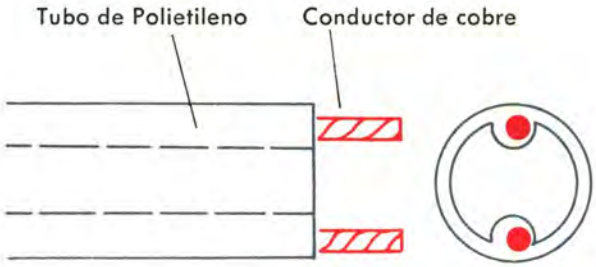


Figura 26. — Tubo bifilar (cable simétrico).

Figura 27. — Instalación acodada por la parte superior para impedir la entrada de agua en un cable de bajada tubular.

Cinta oval bifilar

Este cable es similar a los dos anteriores y se fabrica para la impedancia de 300 Ω. Su aislamiento es de polietileno celular o expanso protegido por una capa de polietileno denso. Se le da forma oval para que el agua, el polvo y la humedad

resbalen por su superficie, igual que en el cable tubular; pero presenta sobre este último la ventaja de que al no ser hueco no pueden producirse condensaciones de humedad en su interior. Se fabrican en color blanco o gris, que es el acabado de la capa exterior densa de polietileno.

Las tres líneas citadas tienen la ventaja de ser económicas y fáciles de instalar, pero tienen el inconveniente de que las afectan las interferencias y disturbios y las características de transmisión varían por efecto de capacidad de las paredes, puntos de sujeción, etc., por lo que deben instalarse separados de las paredes y muros.

Para evitar estos inconvenientes se han creado las líneas bifilares apantalladas.

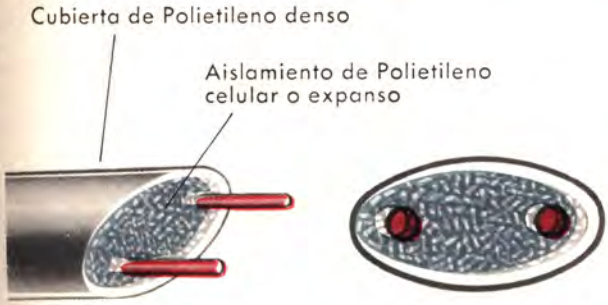


Figura 28. — Cinta o tubo oval bifilar (cable simétrico) con aislamiento de polietileno celular.

Líneas bifilares apantalladas

Para evitar la influencia de las paredes y objetos metálicos, en la transmisión, y para evitar la captación de interferencias y disturbios industriales en la línea de bajada, cuando se desean líneas de característica simétrica se utilizan cables bifilares apantallados; es decir, de dos conductores aislados y protegidos con una pantalla constituida por trenza o malla de cobre que se conecta a tierra al principio y al final de la línea. El conjunto está recubierto por una funda de plástico PVC.

Se fabrican para las impedancias características de 120 Ω, 150 Ω y 240 Ω, con dos aislamientos básicos: polietileno y polietileno-aire.

— Cables bifilares apantallados con aislamiento de polietileno (fig. 29). Los conductores se hallan cableados entre sí.
— Cables bifilares apantallados planos con aislamiento de polietileno-aire (fig. 30). Los conductores son paralelos y se mantienen centrados dentro de un tubo de polietileno gracias a una espiral del mismo material.

Sin embargo, por causa de la presencia de la pantalla, la capacidad es grande y las pérdidas de estos cables son elevadas, por lo que se desaconseja su utilización en líneas de más de 20 metros.

La impedancia característica de la línea bifilar apantallada está determinada por la fórmula

$$Z_o = \frac{276}{\sqrt{K}} \log \left(\frac{2h}{d}\right) \left(\frac{1 - \frac{h^2}{D}}{1 + \frac{h^2}{D}} \right)$$

en la que

K = constante dieléctrica (aire K = 1; polietileno K = 2,29; polietileno celular K = 1,5);
h = separación entre conductores;
d = diámetro de los conductores;
D = diámetro interior o separación de la trenza de cobre de la pantalla.

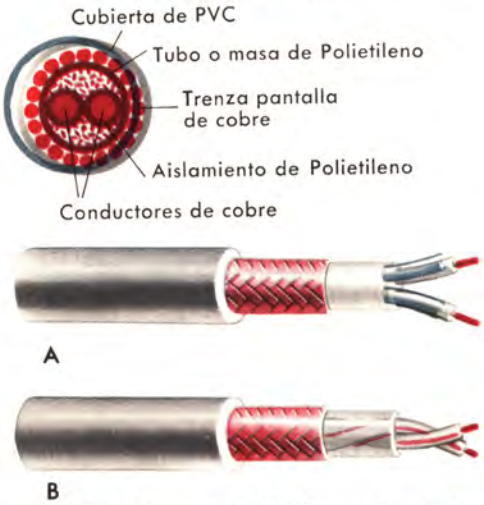


Figura 29. — Cable bifilar apantallado (simétrico) con aislamiento de polietileno.
A) Tipo con conductores cableados inmersos en la masa cilíndrica de polietileno.
B) Tipo con conductores cableados dentro de un tubo de polietileno.

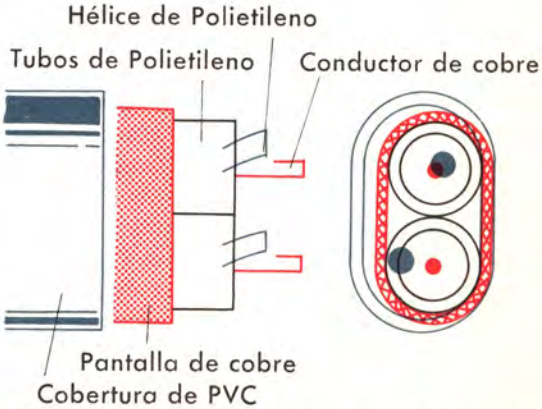


Figura 30. — Cable bifilar apantallado (simétrico) con aislamiento de polietileno-aire.

Líneas asimétricas con cable coaxial

Las líneas asimétricas están realizadas con cables coaxiales constituidos por un conductor central y otro conductor, concéntrico al anterior, que como lo envuelve actúa también como pantalla. Estos cables o líneas son del tipo asimétrico porque el conductor exterior se halla a potencial de tierra y el conductor central se halla a cierto potencial del primero o tierra. Es decir, sus características eléctricas no son simétricas con referencia a tierra.

La impedancia característica de la línea coaxial está dada por la siguiente fórmula:

$$Z_o = \frac{138}{\sqrt{K}} \log \frac{D}{d}$$

K = constante dieléctrica;
d = diámetro exterior del conductor central;
D = diámetro interior del conductor concéntrico.

La ventaja de la línea coaxial radica en que no está influida por señales parásitas debidas a paredes, a interferencias y disturbios, y a otros conductores eléctricos o masas metálicas, por lo que puede colocarse directamente sobre cualquier estructura. Además, aunque su atenuación es algo más elevada que la del cable bifilar no apantallado en estado seco y nuevo, permanece constante e invariable con los agentes atmosféricos, con lo que a la larga es menor su coste y las líneas no tienen que renovarse periódicamente como las bifilares no apantalladas.

Por lo general se fabrica para bajas impedancias características, de 50 a 150 Ω. La más corriente es la de 75 Ω, por ser la de menores pérdidas y mejor adaptación a las antenas dipolo.

Las líneas coaxiales se fabrican con dieléctrico de aire (con espaciadores para mantener el conductor central), de polietileno o de polietileno-aire. Las líneas con dieléctrico de aire son las que producen menores pérdidas; pero debido a su constitución algo difícil y poca adaptabilidad a las instalaciones en edificios no se utilizan en bajadas de antena, sino en grandes líneas de transmisión de radiofrecuencia o telecomunicación.

Los cables de bajada de antena tienen, pues, aislamiento de polietileno macizo (fig. 32) o polietileno-aire (constitución especial estrellada, o con espiral centradora, o con aislamiento de polietileno celular), como muestran las figuras 33 y 34.

Los tipos de polietileno-aire, ya sea por construcción especial o por utilizar espuma de polietileno, tienen una atenuación menor que los de aislamiento sólido. Prácticamente, hoy en día, la bajada de antena más utilizada es la de cable coaxial de polietileno celular (expanso). Debe procurarse que los recodos de su instalación no sean demasiado pronunciados para que no se aplaste el aislamiento de espuma. Igual precaución debe tenerse al apretar las abrazaderas de sujeción del cable o de contacto a masa de la pantalla.

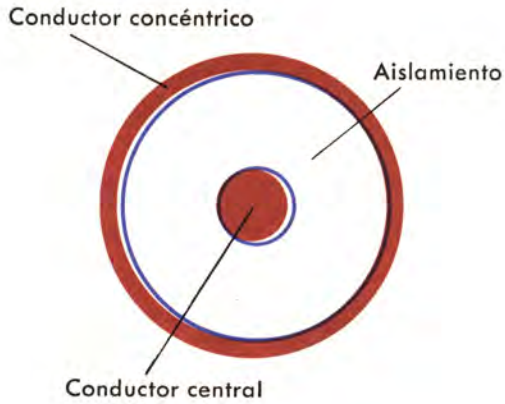


Figura 31. — Constitución básica de la línea coaxial.

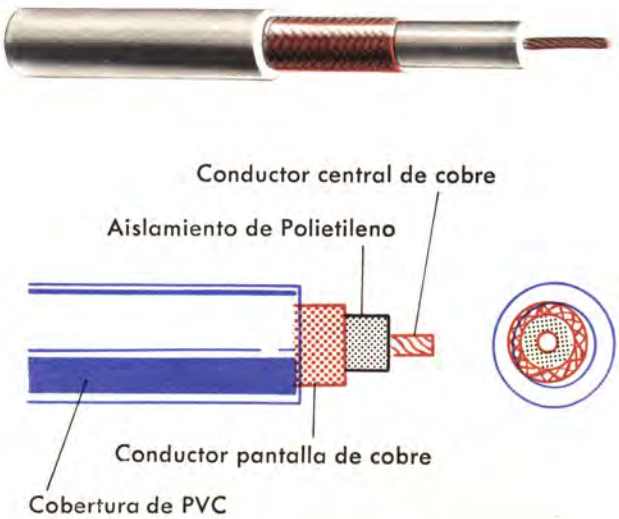


Figura 32. — Cable coaxial de polietileno macizo.

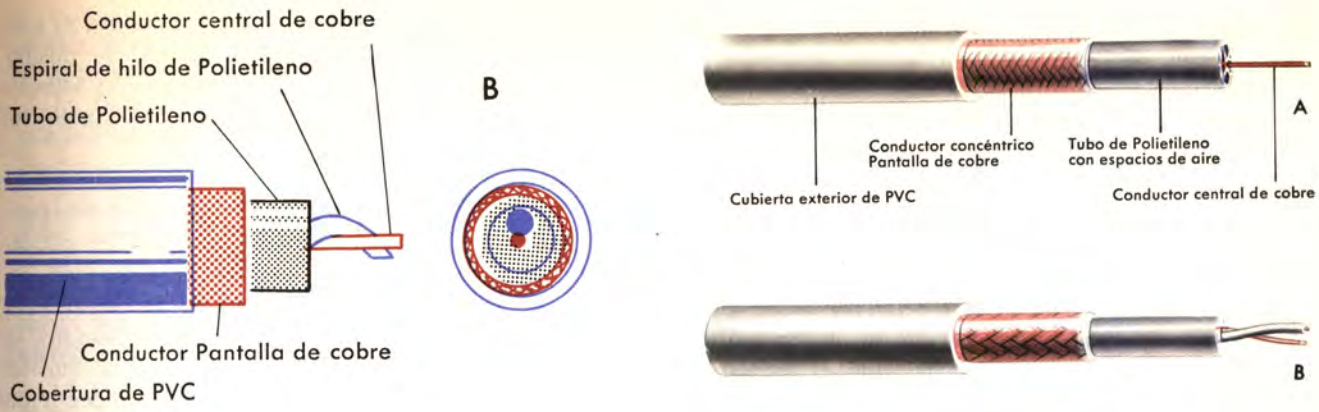


Figura 33. — Cables coaxiales de polietileno-aire.
A) Disposición en estrella o tabicada.
B) Disposición con hélice centradora de polietileno.

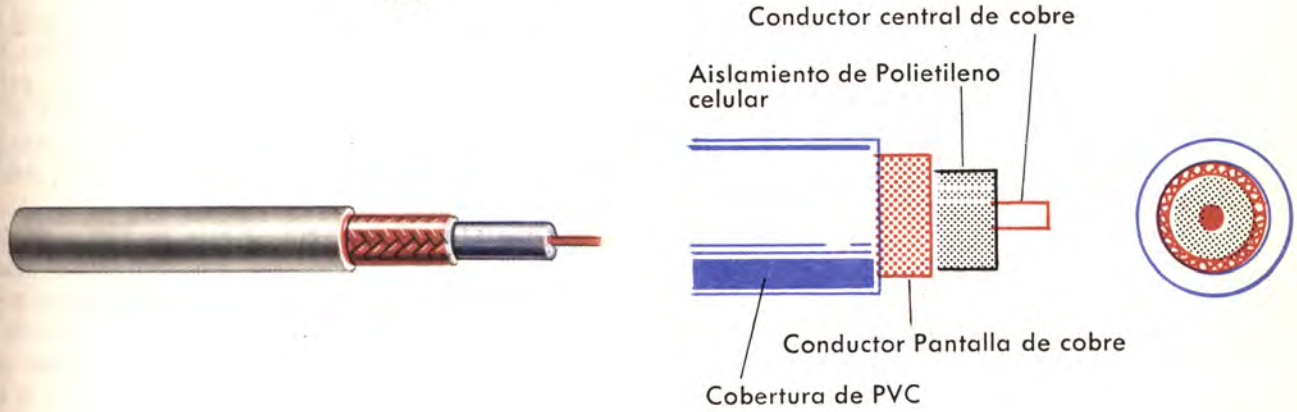


Figura 34. — Cable coaxial de polietileno celular (expanso), es decir, también de polietileno-aire ya que cada célula del polietileno contiene aire.

Antenas directivas de elementos múltiples y ganancia elevada. (Antenas Yagi)

Una vez situado el televisor en una zona, es incuestionable que la energía radiada por el emisor llega en la dirección en que éste está instalado. De nada sirve el hecho de que la antena pueda captar en otras direcciones; en todo caso, lo único que puede ocurrir es que capte señales parásitas o disturbios en estas otras direcciones. Es decir, conviene aumentar al máximo la ganancia o poder de captación en una dirección dada y eliminarla en otras direcciones.

Recordemos que la antena básica de TV es el dipolo y que colocado horizontalmente este elemento es bidireccional. Pues bien, para lograr mayor sensibilidad con mayor direccionalidad, se añaden al dipolo simple o doblado uno o más elementos llamados «parásitos» porque en sí mismos no son captadores. Este conjunto de antena así formado de elementos múltiples, que posee gran directividad y elevada ganancia en una dirección dada, se conoce también por *antenas «Yagi»*, por ser ideadas y realizadas hace ya muchos años por el profesor japonés Hidetsugu Yagi.

El dipolo simple o doblado es el elemento activo, excitador o radiador de estas antenas. Se le puede agregar elementos parásitos (no activos) en número variable que, según sea su posición antes o después del dipolo, reciben los nombres de directores y reflector. (Se entiende antes del dipo-

lo [delante] en la dirección del emisor y después del dipolo [detrás] en la dirección opuesta.)

Los elementos *directores* colocados *delante* refuerzan la captación de la señal en la dirección del emisor. Pueden ser varios; son siempre más cortos que el dipolo, de longitud decreciente conforme se van alejando de él.

El elemento *reflector* colocado *detrás* bloquea la captación de señales en la dirección opuesta a la del emisor. *El reflector hace unidireccional al dipolo, que sin él era bidireccional.* El reflector es algo más largo que el dipolo.

Las antenas directivas o *Yagi* son de elevada ganancia porque cada elemento adicional al dipolo hace *ganar* algo más en la captación de la señal. Veamos, pues, este concepto de *ganancia*.

Ganancia de una antena

En Electrónica, todas las medidas de amplificación (ganancia) o de atenuación (reducción) se expresan por *decibelios*. Esta unidad nos da idea de la relación entre dos valores. El decibel o decibelio (dB) es una unidad definida como el logaritmo de una relación de potencias; la ganancia tiene valor positivo y la atenuación valor negativo:

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

Como una potencia implica una tensión al cuadrado ($P = V^2/R$) y el cuadrado de un número corresponde al doble de su logaritmo, se puede expresar la ganancia o la atenuación por una relación de tensiones, que son las indicativas en las antenas:

$$dB = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1}$$

Como una de las dos tensiones debe servir de referencia para cifrar la ganancia de una antena, esta tensión de referencia se tomo como la de la antena dipolo sin adicionarle ningún elemento parásito.

Así se colocan sucesivamente, en el mismo sitio y la misma altura, según la misma orientación, etc., el dipolo y después la antena múltiple.

Se miden las tensiones de las señales captadas y se determina en decibelios la ganancia de la antena múltiple con relación al dipolo.

Comportamiento de un elemento parásito en las antenas Yagi

Los elementos parásitos de una antena Yagi son dipolos simples sin cortar en el centro, ya que no se les aplica alimentación alguna. Su misión es concentrar el campo electromagnético y aumentar la intensidad que circula por el dipolo receptor.

Este dipolo parásito, al estar sumido en el campo electromagnético de frecuencia correspondiente a la suya de resonancia, entra en oscilación con formación de vientres y nodos de corriente y de tensión. Como no se le extrae esta energía de resonancia (no tiene alimentación), la corriente que circula en el dipolo y la tensión existente a lo largo de él crean a su alrededor un campo electromagnético secundario que se superpone al campo principal dentro del cual se halla el dipolo receptor. Es decir, el dipolo parásito recibe cierta energía y *reirradía* mayor o menor parte de ella.

Para que el elemento parásito entre en oscilación debe ser resonante. Si se trata de un dipolo debe tener una longitud de media onda igual que el dipolo receptor; y para que este último reciba la radiación secundaria en fase con la principal, para que las dos radiaciones se sumen, el elemento parásito debe hallarse colocado a una distancia o separación de un cuarto de onda del elemento receptor.

De ello se infiere que este elemento parásito actúa como *reflector*, ya que concentra más el campo electromagnético en el dipolo receptor y le aporta energía que normalmente no incidiría en él. Vemos que las condiciones principales para ello son que el reflector esté sintonizado a la misma frecuencia que el receptor y que el defase sea de un cuarto de onda (lo cual se consigue por la separación entre los dos elementos). Este defase puede modificarse por un ligero alargamiento o acortamiento del elemento parásito; un alargamiento conserva las propiedades del reflector y hace posible acortar la distancia al receptor en su función concentradora, y un acortamiento del elemento parásito hace que actúe como proyector. En este caso se le denomina *director*, porque aumenta la directividad de la antena.

Es decir, el comportamiento del elemento parásito con relación al receptor tiene un símil en óptica. Actuando como *reflector* concentra el campo en el receptor y aumenta la ganancia de la antena; actuando como *director*, se comporta como un proyector y aumenta la directividad de la antena.

Por otra parte, como el alargamiento o acortamiento actúa en el defase —al igual que la distancia focal en óptica—, puede aprovecharse esta particularidad para reducir la distancia correcta entre el elemento o los elementos parásitos al re-

ceptor y obtener así antenas más compactas en el sentido de la radiación.

La figura 35 resume las posibilidades que el comportamiento de un dipolo simple parásito proporciona al dipolo activo o receptor.

Por otra parte, la adición del reflector detrás o del director delante del dipolo activo modifica la impedancia característica en un 10 o 20 % de este último. Ello ocurre en mayor o menor grado según sea la distancia o separación entre el elemento activo y el parásito.

La proporción del acortamiento en el caso del director o del alargamiento en el reflector acostumbra ser del 5 %, y con ello la distancia de estos elementos al dipolo activo puede reducirse de $\lambda/4 = 0{,}25\,\lambda$ hasta $0{,}15\,\lambda$. Como la longitud física del dipolo activo era $0{,}95\,\frac{\lambda}{2}$, la del reflector será $0{,}95\,\frac{\lambda}{2} + 5\,\% = \frac{\lambda}{2}$ y la del director $0{,}95\,\frac{\lambda}{2} - 5\,\% = 0{,}9\,\frac{\lambda}{2}$. Con ello, al igual que se hizo con el dipolo activo, se puede calcular el reflector o el director y así dimensionar una antena Yagi elemental.

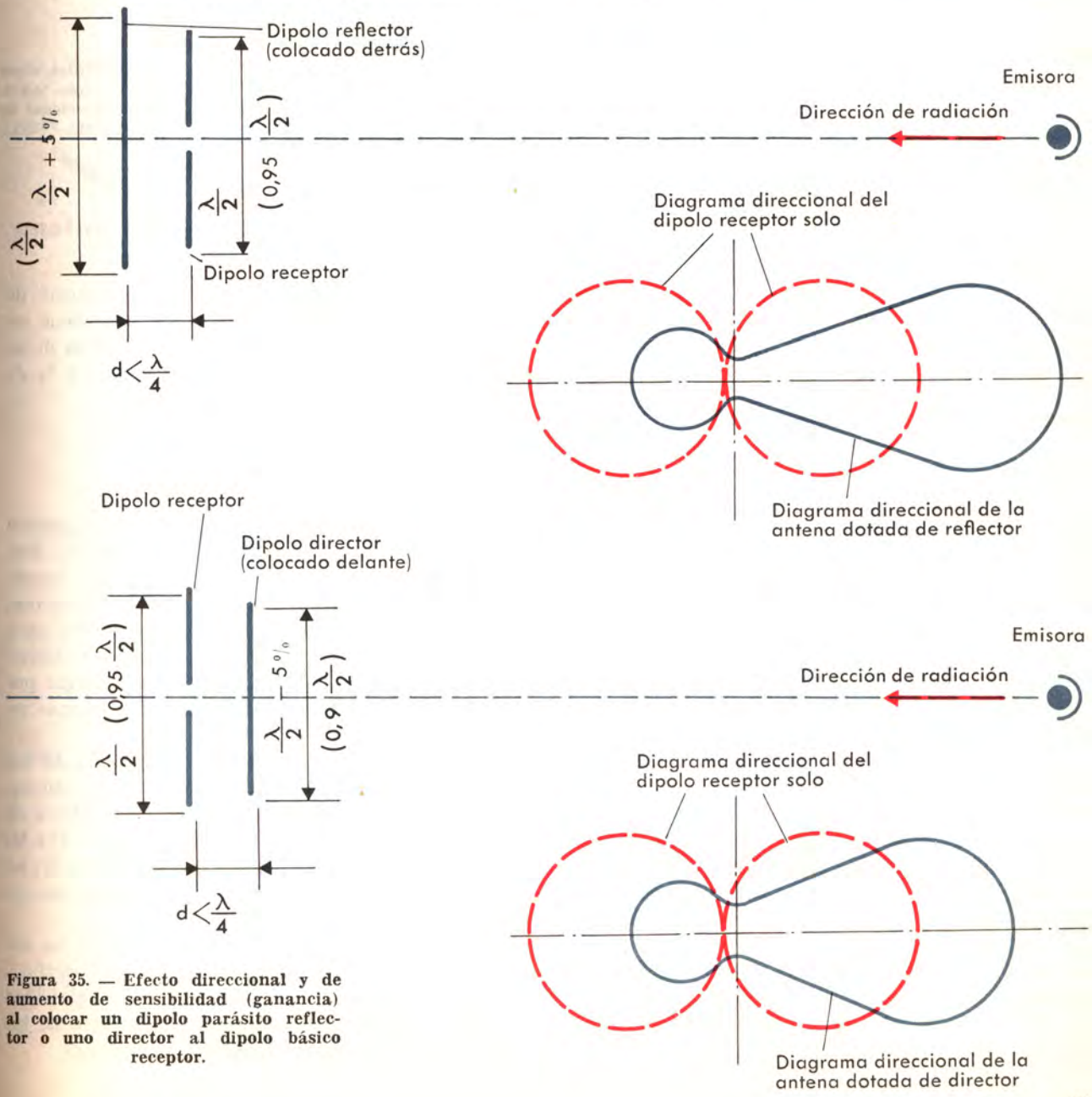


Figura 35. — Efecto direccional y de aumento de sensibilidad (ganancia) al colocar un dipolo parásito reflector o uno director al dipolo básico receptor.

En cuanto a la desadaptación de impedancias producida por la presencia del elemento parásito, cabe señalar que si la distancia entre éste y el activo es de un cuarto de onda la impedancia del activo disminuye en un 10 % aproximadamente. Ello no es excesivo, como para que justifique la adopción de una línea de bajada de diferente valor de impedancia característica. Pero si se aproximan mucho el elemento parásito y el activo la desadaptación de impedancias será tal que se pierde la ganancia que se pretendía obtener, o habría que adoptar una línea de bajada de diferente impedancia. Prácticamente para una separación de 0,15 λ la impedancia de la antena es mitad de la del dipolo solo.

Lógicamente, añadiendo más elementos parásitos se aumenta la directividad y la ganancia. Ello es visible en el lóbulo del diagrama de directividad que se dirige hacia el emisor, ya que con ello se va alargando en forma sensible; pero, en cambio, para el lóbulo posterior la reducción de uno ya pequeño es poco sensible. Es decir, si añadimos dipolos parásitos directores se aumenta sensiblemente la ganancia y la directividad; en cambio, el beneficio que puede obtenerse añadiendo más dipolos parásitos reflectores es despreciable en comparación con el aumento de coste de la antena; por ello las antenas múltiples constan de un solo reflector y de varios directores.

Antenas Yagi múltiples

La adición de dipolos directores hace disminuir la impedancia característica del conjunto, de forma que no se encuentran líneas de transmisión adecuadas para llevar al receptor la energía captada; y si se hace con una bajada inadecuada se pierden, por inadaptación de impedancias, todas las ventajas que se buscaban con la adición de elementos directores.

Cálculos matemáticos muy profundos y muchos estudios experimentales sirven para hallar soluciones de compromiso para conseguir antenas de gran ganancia y directividad posibles de alimentar con líneas de transmisión comerciales. Por ello es desaconsejable la construcción casera de antenas Yagi múltiples, ya que es más económico adquirir una de las muchas existentes en el mercado, fruto de muchos esfuerzos de investigación que un particular no está en disposición de realizar.

Así, en la preocupación de obtener la máxima ganancia posible se llega a antenas de hasta 8 y 20 elementos con ganancias de tensión de hasta 20 decibelios. (Figura 36.)

Figura 36. — Antena Yagi de ocho elementos, cinco directores, dos reflectores, y dipolo doblado activo, con ganancia de 8,5 dB y eficacia direccional de 23 dB. Canales 2, 3 y 4 (Cortesía EMMA-FUBA).

Eficacia direccional de una antena Yagi

Este concepto es similar al de ganancia de una antena. Indica la relación que se obtiene entre la tensión inducida en la antena en la dirección de radiación del emisor (adelante) y la dirección opuesta.

Se expresa igualmente en decibelios.

Antenas Yagi en paralelo

El deseo de lograr un aumento de ganancia conduce a conectar en paralelo dos antenas múltiples. De hecho esta solución se adopta cuando se requieren antenas Yagi de muchos elementos, que por tanto tienen mucha longitud. Dos antenas en paralelo se colocan en dos pisos o alturas. Para una misma ganancia, son menos largas por tener menos elementos, aunque ocupan más espacio en altura.

No obstante, la asociación en paralelo de dos antenas Yagi presenta problemas de acoplamiento. Por ejemplo, deben colocarse a una altura de media onda una respecto de la otra (figuras 37 y 38) y conectarse entre sí por dos líneas resonantes en cuarto de onda, en cuya unión se toma la alimentación de bajada.

A estas antenas por pisos también se les conoce por el vocablo inglés *stacked*. Otra ventaja a considerar, si viene a caso, es su cierta directividad vertical, con lo que se elimina una parte de las señales parásitas no procedentes del emisor.

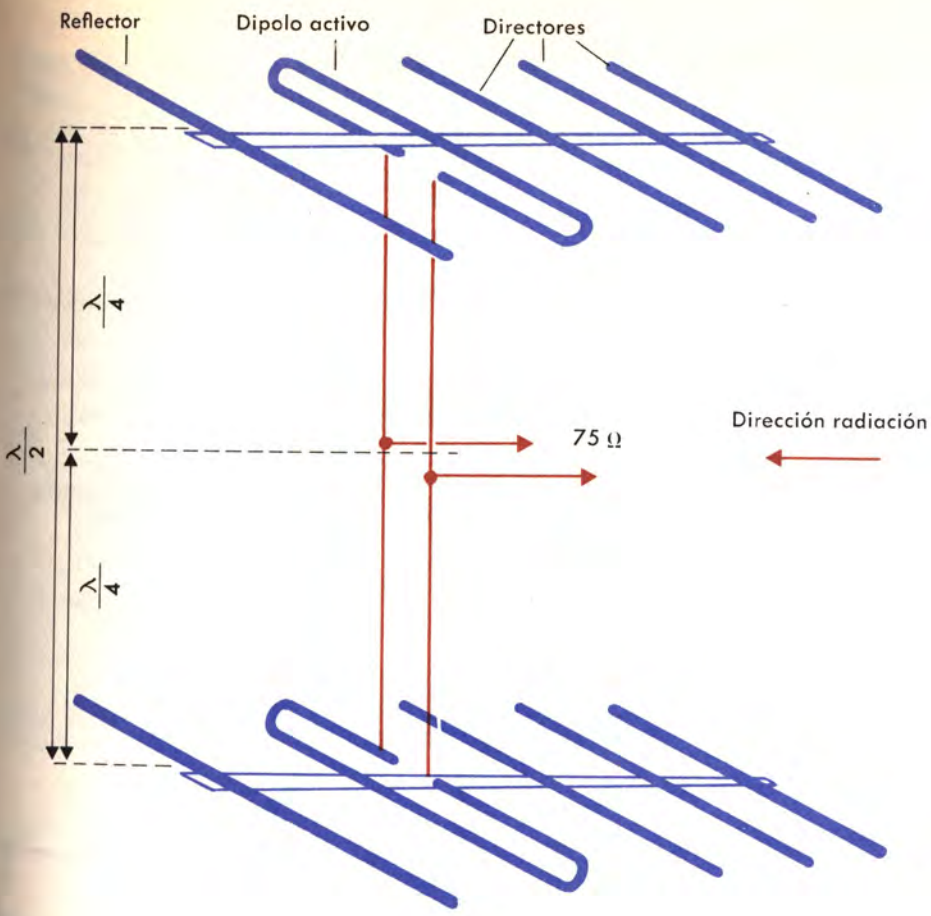


Figura 37. — Antena Yagi doble, en paralelo o "stacked".

Figura 38. — Aspecto real del montaje de una antena del tipo "Stacked", formada por dos antenas de 6 elementos cada una, con ganancia de 9,5 dB y eficacia direccional de 25 dB. (Cortesía EMMA-FUBA.)

Las antenas directivas para U.H.F.

La recepción en las bandas IV y V de televisión, en UHF, presenta sensibles diferencias con relación a la recepción en las bandas I y III de televisión en VHF o banda II de FM.

Cuanto menor sea la longitud de onda (en UHF se trata de ondas decimétricas —de algunos decímetros de longitud de onda—), más se asemeja la propagación a la de la luz o de un rayo luminoso. Es decir, igual que cualquier obstáculo impide el rayo luminoso —es decir, impide la visión de un objeto—, este mismo obstáculo impide que llegue hasta nosotros la radiación de televisión en UHF. De ahí el concepto muy difundido y justo que el programa de televisión en UHF no se ve bien si desde el lugar en que se halla la antena no puede verse la antena emisora o repetidora.

Ello debe tenerse muy en cuenta: en UHF la antena debe elevarse tanto como sea necesario para *ver* la antena emisora.

Por otro lado, como la antena receptora debe ser resonante —es decir, sintonizada— a la frecuencia de la emisión de UHF, y puesto que la longitud de onda de estas emisiones es muy corta, también es muy reducida la longitud del dipolo, y en consecuencia tiene muy poca superficie de captación de la energía de R.F. Por esta razón debe utilizarse una antena con muchos elementos directores; es decir, una antena de gran ganancia.

Además, como las pérdidas aumentan con la frecuencia debe utilizarse una línea de bajada de antena de la menor atenuación posible (cable de pocas pérdidas y trayecto lo más corto posible).

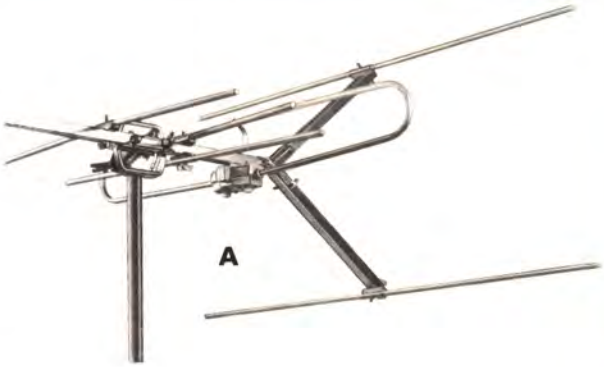
Figura 39. — Detalle del reflector de una antena de UHF formado por cuatro varillas.

Antenas Yagi para UHF

Las antenas y los criterios básicos descritos en el sistema direccional de elevada ganancia Yagi siguen siendo válidas en UHF, guardando, como es lógico, las debidas dimensiones con relación a las longitudes de onda de que se trate. Sin embargo, si una antena Yagi para VHF acostumbra tener de tres a seis elementos, en UHF es normal que sea de seis a veinte elementos, y hasta de veintisiete elementos. (Figura 39.)

Para mejorar la ganancia en UHF, las antenas Yagi están dotadas no de un dipolo reflector, sino de un plano *eléctrico* reflector del que, según se quiera su eficiencia, se utilizan más o menos *hilos elementales* de este *plano eléctrico*.

La figura 39 muestra cuatro reflectores de este plano, y la figura 40 muestra uno de dos reflectores y otro ya muy completo.



Antenas con reflector diedro

La mayor ganancia que se obtiene utilizando planos reflectores es aún más acusada, con aún mayor directividad, con los llamados reflectores diedros con ángulos de abertura favorables de 60 a 90º. (Figura 41.) La superficie metálica que forma el reflector está constituida por tela metálica o por una serie de varillas para que el viento no abata la antena.

La figura 42 muestra una antena con reflector diedro y dipolo de onda completa. Es una antena de banda ancha que cubre todos los canales de las bandas IV y V de UHF, con una ganancia media de 11 dB y eficacia direccional de 27 dB.

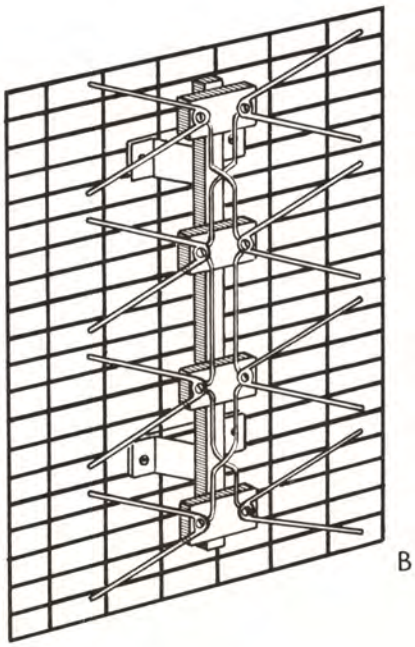


Figura 40. — Detalle de dos tipos diferentes de reflectores para antenas de UHF. A, formado por dos varillas. B, formado por un emparrillado.

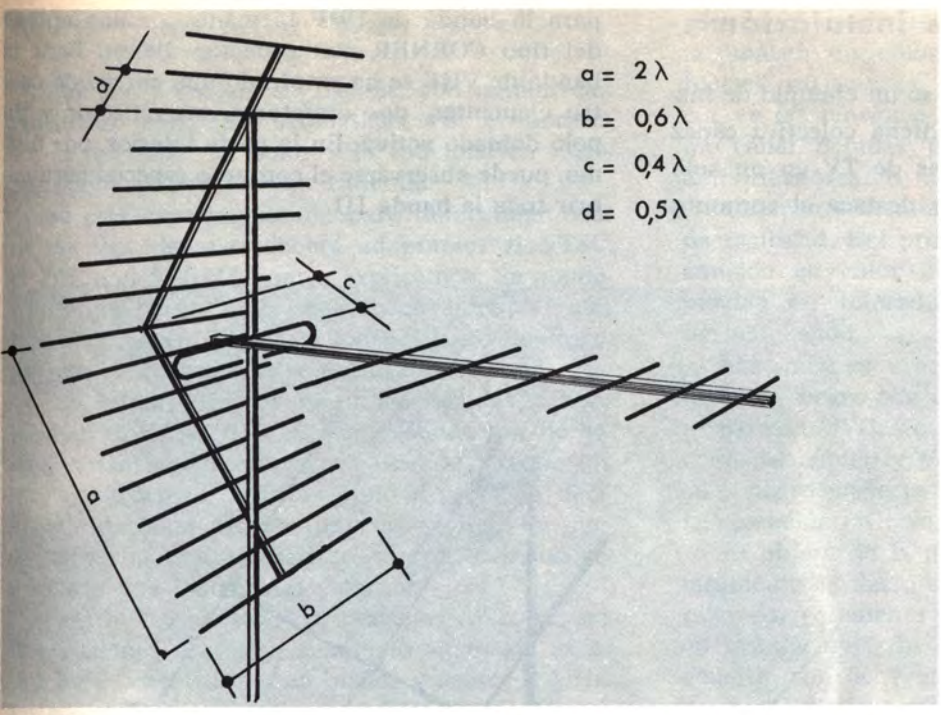


Figura 41. — Gráfico representativo de las características técnicas del diseño de una antena con reflector diedro.

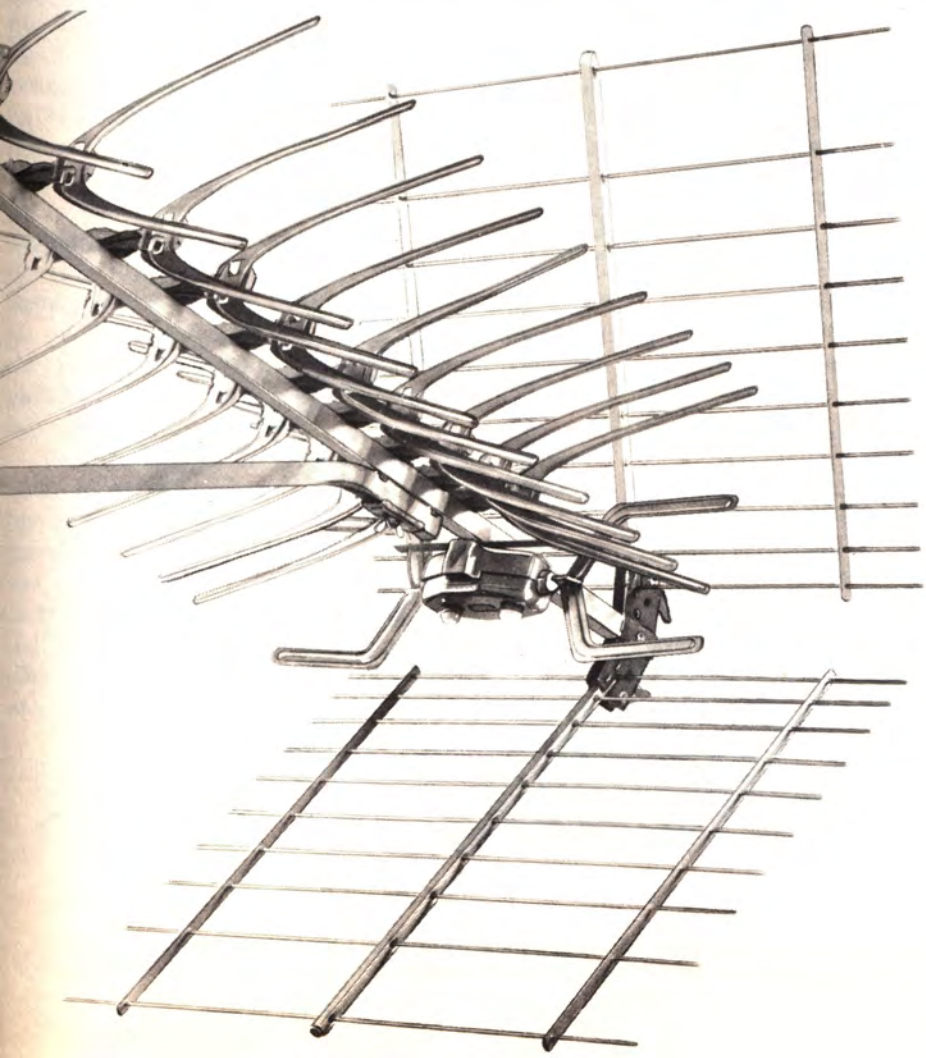


Figura 42. — Detalle del reflector de una antena de concepción muy moderna de UHF utilizable para color que consta de dos emparrillados en ángulo diedro. La antena tiene en todas sus características una ganancia de 17 dB. y una eficacia direccional de 30 dB. (Cortesía EMMA-FUBA.)

Ejemplo práctico de instalación

En la figura 43 puede verse un ejemplo de instalación completo de una antena colectiva capaz para cubrir todas las bandas de TV en un solo mástil. En la parte superior destaca el conjunto para la banda de UHF formado por una antena del tipo CORNER con reflector diedro. Para la banda de VHF se ha empleado una antena de cuatro elementos, dos directores, un reflector y dipolo doblado activo. En la parte inferior, por último, puede observarse el conjunto especial para cubrir toda la banda III.

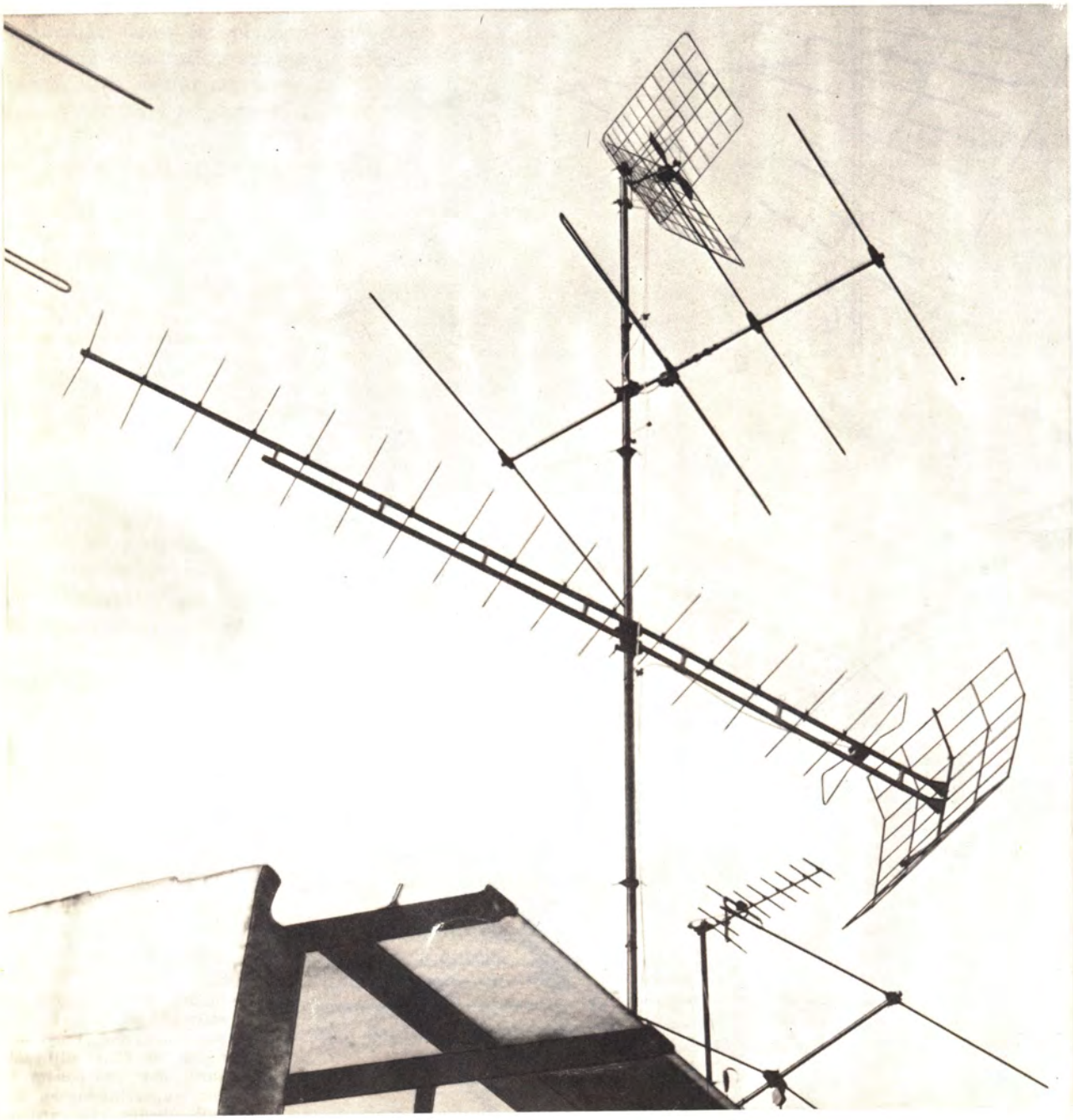


Figura 43. — Aspecto de la forma correcta de erección y montaje de una antena colectiva de gran ganancia y de tipo muy completo.

Las antenas para TV en color

Aún no se radían, en España, con regularidad emisiones televisadas cromáticas. Por el momento, la televisión en color sólo funciona en nuestro país con carácter experimental.

Se está experimentando para determinar cuál de los tres sistemas deberá adoptarse: el NTSC, el PAL o el SECAM que ya explicamos. Se ponderan y comparan ventajas e inconvenientes; aún queda por decidir en casi todo el resto de Europa qué procedimiento se seguirá.

En Estados Unidos se utiliza ya, desde hace tiempo, el NTSC. El PAL y el SECAM son de hecho variantes del mismo. La verdad es que los tres coinciden en muchos puntos, pero sin decidirse concretamente por uno de ellos no se puede proyectar definitivamente, ni construir, un receptor o una instalación emisora.

Para la transmisión de imágenes en color, los tres sistemas necesitan el mismo ancho de canal que para las emisiones en blanco y negro: 7 MHz. La adicional modulación cromática está «intercalada» en la modulación blanco-negro. No se prevé que entren en juego ni nuevas bandas de frecuencia (*los programas se harán en UHF*) ni una polarización distinta de la radiación. La televisión en color TVC tampoco utilizará canales exclusivos, ya que en el Plan de Ondas de la Conferencia de Estocolmo se distribuyeron todos los canales disponibles. Por consiguiente, las emisiones cromáticas se recibirán por los mismos canales que los programas emitidos en blanco y negro. Sabemos que no hay incompatibilidad con ninguno de los tres sistemas en color propuestos: pueden recibirse emisiones en color, como si fueran en blanco y negro, con televisores normales monocromáticos.

De todo ello se desprende que, esencialmente, nada se opone a que puedan seguir utilizándose las antenas receptoras actuales y todos los elementos que se necesitan en su instalación, ya que sus condiciones técnicas están determinadas por la frecuencia de recepción y por el ancho de canal. Pero hay que considerar que cualquier posible defecto en la instalación receptora, que no afecte o lo haga en muy escasa medida a la imagen en blanco-negro, se acusará visiblemente en la imagen en color. Como causantes cuentan: fuertes variaciones, dependientes de la frecuencia, en las tensiones transmitidas dentro del mismo canal, debidas, por ejemplo, a mezcladores o amplificadores; o también ondas reflejadas insuficientemente atenuadas o captadas con demasiada facilidad. Del procedimiento adoptado para la emisión en color dependerá la medida en que puedan ser toleradas las citadas imperfecciones de instalación.

Las antenas y accesorios de instalación para blanco y negro son aptos, pues, fundamentalmente para la TVC. Toda instalación que se ejecute como es debido y produzca una imagen en blanco y negro perfecta no ofrecerá dificultades para la recepción en color.

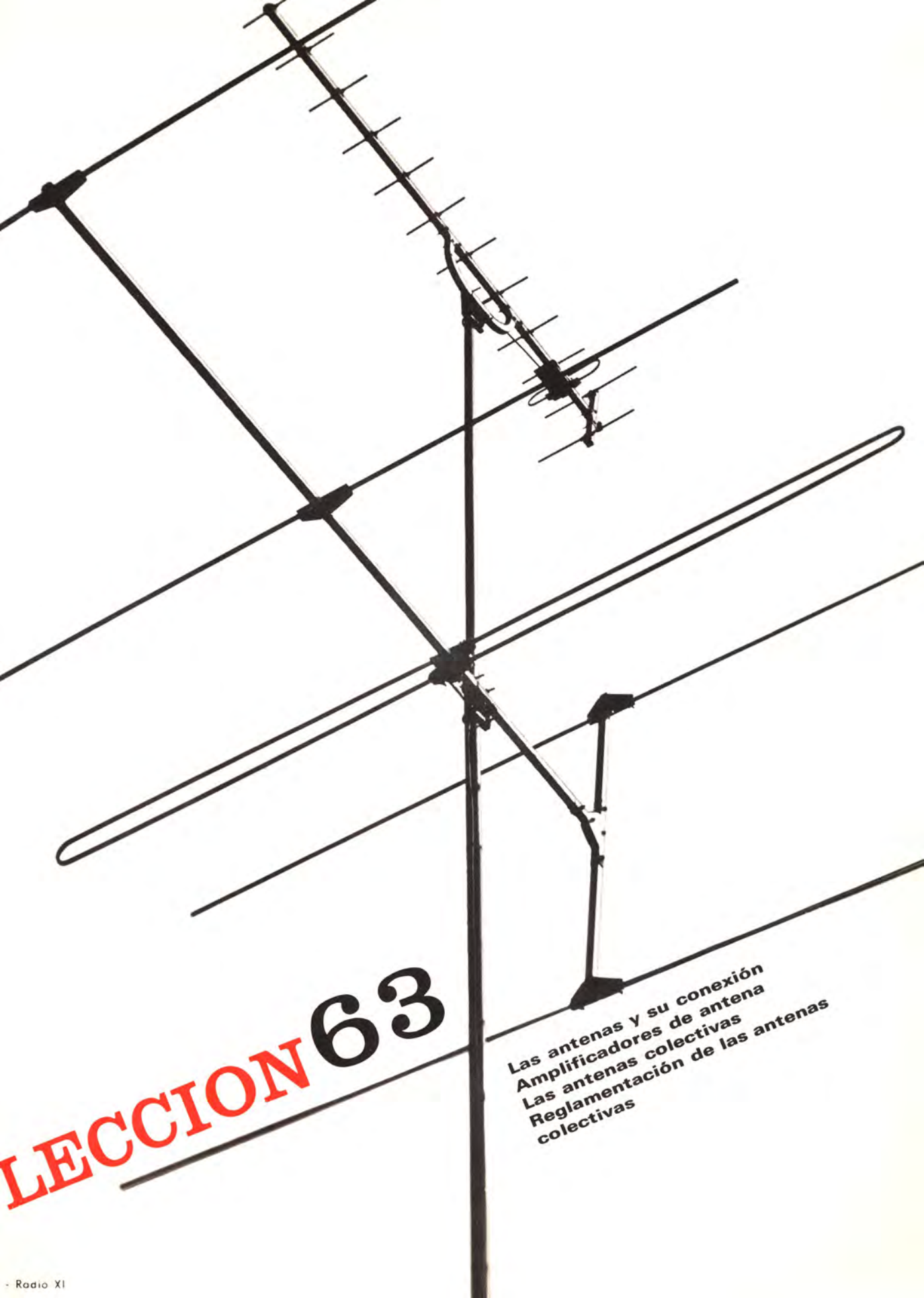
El objeto de la próxima lección estribará precisamente en dar a conocer cómo proyectar e instalar correctamente una antena de televisión, sea en instalación individual o colectiva; es decir, de acuerdo con las reglas del buen arte y cumpliendo con las disposiciones vigentes al respecto en España y en muchos otros países.

Con todo, hay que tener en cuenta que, hoy en día, hay muchas instalaciones necesitadas de mejora. Causa asombro ver que muchos telespectadores se conforman con imágenes mediocres y hasta deficientes, debidas a antenas incorrectamente previstas o instaladas.

También deja bastante que desear, en muchos casos, la seguridad eléctrica y mecánica de las antenas. Con frecuencia se desatienden las más elementales normas. Muchas antenas no están puestas a tierra y se hallan, por tanto, expuestas al efecto del rayo. Otras han sido montadas con mástiles que difícilmente resisten el empuje del viento cuando es intenso.

Así, pues, he aquí la labor que espera al técnico especialista. La llegada de la televisión en color impone, como deber de actualidad, proyectar y realizar instalaciones impecables en cuanto a clase, técnica y montaje. El objeto de la próxima lección es, pues, ayudarle a conseguir este criterio de alta calidad técnica, para el cual indudablemente podrán ayudar en su cometido las mejores firmas especialistas en antenas.

* * *



LECCION 63

Las antenas y su conexión
Amplificadores de antena
Las antenas colectivas
Reglamentación de las antenas colectivas

ANTENAS COLECTIVAS CARACTERISTICAS Y NORMAS DE INSTALACION

LAS ANTENAS Y SU CONEXION

Antes de describir los cables que se emplean para unir la antena y el aparato receptor de televisión, creemos útil tratar de los varios tipos de antenas actualmente en uso.

La antena clásica para televisión está constituida, como ya hemos visto, por un dipolo de una longitud correspondiente a la mitad de la longitud de la onda que se pretende recibir.

De la antena con el clásico dipolo se derivan varios tipos. En la tabla 1 detallamos los más empleados, y especificamos la impedancia del cable que debe emplearse para la conexión de cada uno de ellos.

Los cables utilizados en televisión son coaxiales o bipolares, apantallados o no.

En la recepción de las altas frecuencias a que trabajan los emisores de televisión, en particular cuando se trata del campo de UHF, las líneas de transmisión pueden dar lugar a disturbios, sea por captación directa, sea por inadecuada conexión en sus extremos.

Los cables coaxiales y los bipolares apantallados, cuando la pantalla está bien conectada, dan la mayor garantía de éxito. Si se quiere emplear un modelo de cable bipolar sin pantalla, es imprescindible escoger un tipo que tenga garantía de que las características primarias de cada conductor sean iguales con relación a tierra y cuidar que los extremos del cable se conecten a circuitos equilibrados simétricamente, de impedancia igual a la impedancia característica del cable.

Estas condiciones, en la práctica nada fáciles de conseguir, son indispensables en el intento de eliminar o reducir al mínimo posible la captación directa de disturbios, que dan lugar a molestos inconvenientes en la recepción de los programas de televisión.

Teniendo en cuenta que, como ya se ha indicado, cada línea de transmisión tiene un valor de impedancia, denominado impedancia característica, es indispensable, para obtener los mejores resultados en la transmisión de la señal de televisión desde la antena al televisor, que tanto la antena como el receptor tengan los mismos valores de impedancia, puesto que en caso contrario —a menos que se disponga de adecuados adaptadores— se crean fenómenos de reflexión que pueden reducir considerablemente la energía disponible y perturbar la buena recepción de la imagen de televisión.

Téngase también en cuenta que una línea de transmisión puede ser simétrica (cables bipolares) o asimétrica (cables coaxiales). Por tanto, si la línea de transmisión debe conectarse a un complejo simétrico, se podrá unir directamente si se trata de un cable bipolar; mientras que si se tratase de un cable coaxial habría que intercalar un adaptador. La óptima conexión de la línea a la antena o al aparato televisor solamente se obtiene de forma adecuada y correcta cuando se satisfacen las dos condiciones necesariamente a tener en cuenta, y que son:

TABLA I

Tipo de Antena	Esquema	Valor de la Impedancia en ohm	Ganancia en decibelios
Dipolo clásico de media onda		55÷75	
Dipolo replegado (1 elemento)		200÷300	
Dipolo replegado con reflector (2 elementos)		70÷100	3÷4
Dipolo replegado con reflector y director (3 elementos)		50÷70	6÷9
Dipolo de diversos diámetros con reflector y director (3 elementos)		75÷150÷300	6÷9
Dipolo replegado con reflector y 2 directores (4 elementos)		75÷150 300	11

Las variaciones de impedancia son debidas a las diversas dimensiones constructivas que pueden tener las antenas.

TABLA II

Tipo de cable	Dibujo	Impedancia característica en ohm	Capacidad en pF/m	Atenuación para 100 m a 100 Mc/s en decibelios	Relación diámetro/ conductor politeno
Pletina normal	Politeno blanco o traslúcido para interior y negro para exterior	150 300		8 4,5	
Cable hueco	Politeno	300		3	
Cable (poroso) expanso con protección exterior	Politeno poroso Protección de PVC para la intemperie	300	25÷35	3	
Paralelo apantallado	Politeno Trenza de cobre como pantalla Protección de PVC	75 150 250	57 29 18	10,5 9 6,5	
Coaxial apantallado	Conductor Politeno Trenza de cobre como pantalla Protección de PVC	50 60 75 75	100 88 70 70	21 12 13 3	0,7/2,5 1/9,3 0,63/3,85 2,85/18

Téngase en cuenta que los valores que se dan son puramente como orientación, ya que éstos dependen en gran manera de la calidad y dimensiones de los componentes de cada cable.

Impedancia y simetría

La elección del tipo de cable adecuado para la unión de la antena con el televisor —denominado normalmente cable de bajada de antena— debe hacerse teniendo en cuenta los cuatro puntos siguientes:

a) Valor de la atenuación.
b) Empleo (o no) de pantalla.
c) Tipo coaxial o bipolar.
d) Valor de su impedancia característica.

Haremos algunas consideraciones sobre cada uno de los cuatro puntos indicados, para conocer el motivo de que se empleen los varios tipos existentes para que cuando corresponda se pueda escoger el tipo más adecuado al caso que nos ocupe.

a) Cuando la señal disponible en la zona donde debe emplazarse la antena es intensa, debido a la proximidad del emisor, la línea de unión no tenga que ser larga y el servicio vaya destinado a un solo aparato receptor, se puede emplear cables con atenuación relativamente elevada, del orden de los 10 ÷ 20 decibelios de atenuación por 100 metros a la frecuencia de 100 Mc/s. Pero si la señal disponible es débil, por tratarse de una zona difícil o por la mayor distancia entre emisor y receptor, o bien por la mayor separación entre antena y receptor, deben usarse líneas de mayor calidad, con atenuaciones de tipo medio del orden de 6 a 10 decibelios por 100 metros a 100 Mc/s.

Para disponer de unos valores con carácter orientativo, puesto que éstos dependen muy particularmente según el tipo de cada fabricante, en la tabla II damos unos valores característicos para cada tipo de cable de los usualmente empleados en instalaciones de televisión.

b) Para lograr buena recepción de televisión es aconsejable utilizar cables apantallados. Los no apantallados, que se acostumbra emplear en instalaciones particulares por razón de su bajo coste, en realidad solamente debieran emplearse en lugares donde los disturbios sean prácticamente inexistentes, como por ejemplo en zonas rurales. Su montaje debe realizarse siempre con mucho cuidado y nunca en el interior de tubos metálicos.

Por su propia constitución, estos cables sufren la influencia de las condiciones meteorológicas. Sus características varían considerablemente con el tiempo, a menos que se trate de tipos especialmente preparados para resistir las condiciones climatológicas a que están expuestos, puesto que en caso contrario envejecen en poco tiempo.

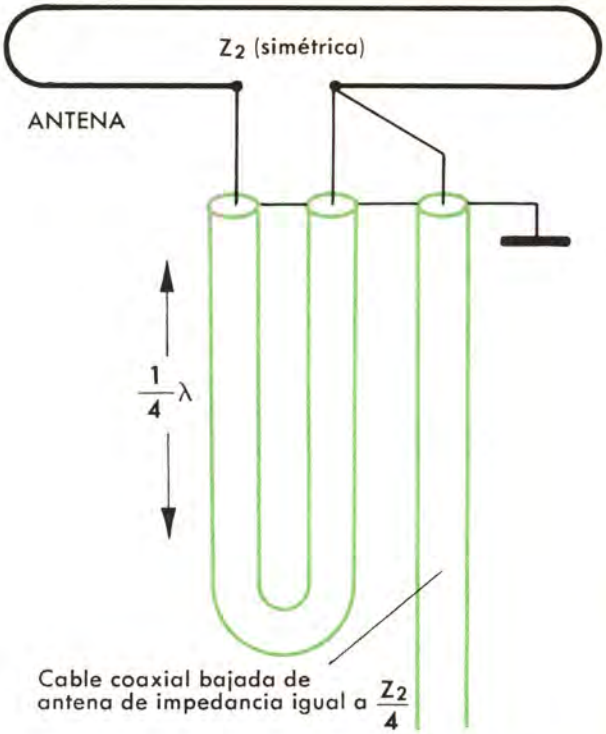


Figura 1. — Sistema de desimetrización con cable para conectar un cable coaxial (asimétrico) a un dipolo replegado.

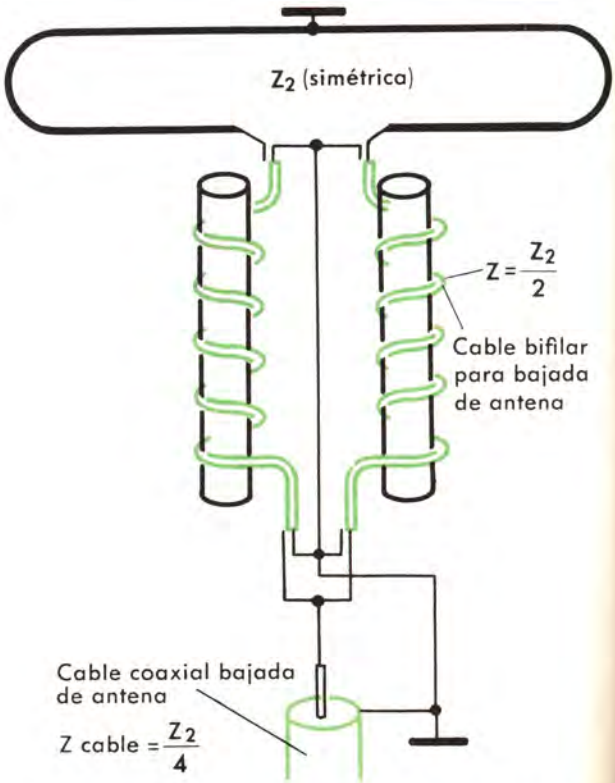


Figura 2. — Sistema de desimetrización con transformador para conectar un cable coaxial (asimétrico) a un dipolo replegado.

Tenga en cuenta, y obsérvelo en la tabla II, que con cualquier cable apantallado se logra eliminar las desventajas del tipo bipolar indicadas anteriormente. Mas para que la atenuación de los dos cables sea similar no basta con utilizar un cable apantallado; se tiene que disponer de los valores de atenuación, ya que normalmente en un coaxial del tipo económico, aun teniendo un precio bastante más elevado que el de un tipo corriente sin pantalla, su atenuación puede ser superior en la zona de frecuencias a las cuales vendrán empleados.

c) En general se puede decir que a las antenas de TV del tipo dipolo, o sea simétricas, pueden conectarse directamente los cables del tipo bipolar, puesto que también estos cables son simétricos. Los cables coaxiales, que son asimétricos, se deben conectar a la antena a través de los adecuados adaptadores o desimetrizadores, pues es necesario pasar del circuito simétrico de la antena al asimétrico del cable.

La desimetrización se puede obtener con transformadores de fase de constante distribuida o bien de constante concentrada.

Un sistema de constante distribuida puede realizarse insertando entre el dipolo de la antena y el cable de bajada un trozo de cable coaxial de longitud correspondiente a 1/2 onda de la frecuencia de resonancia de la antena (ver fig. 1); pero en tal caso, al objeto de evitar reflexiones, el cable coaxial de bajada de antena debe presentar una impedancia característica igual a 1/4 de la impedancia de la antena.

Se obtiene análoga relación de 1/4 en los valores de impedancia entre cable y antena si se adoptan transformadores especiales desimetrizadores. Un tipo realizado con la simple pletina para bajadas de TV enrollada en espiras, con una impedancia igual a la mitad de la propia de la antena, se representa en la figura 2.

De la misma manera que hemos visto se debe actuar para la conexión con relación a la simetrización entre antena y cable, deberá procederse en el otro extremo de la bajada de antena, o sea en la unión entre el cable y el aparato receptor.

Teniendo en cuenta que prácticamente todos los receptores de televisión tienen la entrada de señal preparada para circuito de cable simétrico, cuando la bajada se haga con cable asimétrico deberá colocarse entre ambos elementos el correspondiente transformador de impedancias.

d) Cuando el valor de la impedancia característica del cable es de la misma magnitud que la de la antena y del televisor se presenta, como ya hemos visto, el caso más fácil; pero esto no siempre es posible en la práctica, por lo que en tales

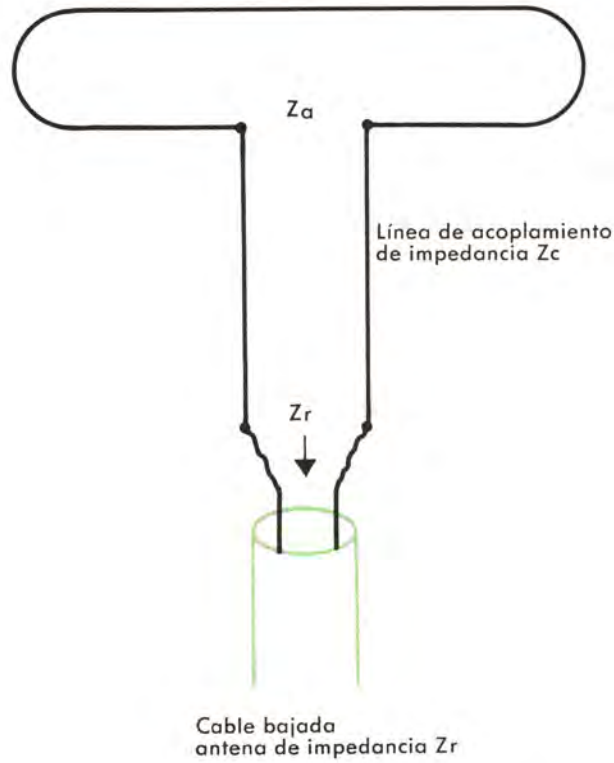


Figura 3. — Adaptación de las impedancias de la antena con la del cable de bajada por medio de una línea de acoplamiento.

casos habrá que recurrir a una adaptación, que en este caso puede efectuarse también con transformadores de impedancia, como en el caso anterior, de constante concentrada o de constante distribuida.

Un tipo de unión muy empleado en este caso (fig. 3) es el obtenido con un cable bipolar de longitud igual a 1/4 de onda de la frecuencia de resonancia de la antena y con una impedancia de valor determinado Zc. Efectuando la unión con dicho cable, la otra extremidad del cable de unión en 1/4 de onda presentará una impedancia de

$$Zr = \frac{Zc^2}{Za},$$

en la cual Za es la impedancia de la antena. Si queremos que la impedancia resultante en el extremo libre del cable Zr sea igual a la impedancia del cable de bajada Z podemos poner:

$$Zr = Z = \frac{Zc^2}{Za},$$

de donde resulta que la impedancia Zc del cable de acoplamiento deberá ser:

$$Zc = \sqrt{Z \times Za}.$$

O sea, que si debemos conectar un cable de 150 Ω a una antena de 300 Ω el cable de acoplamiento de una longitud de 1/4 de onda debe tener una impedancia de:

$$Zc = \sqrt{150 \times 300} = \sqrt{45.000} = 212\ \Omega.$$

Si la antena es de 300 Ω y el cable de bajada de 75 Ω, la impedancia del cable de acoplamiento deberá ser de

$$Zc = \sqrt{75 \times 300} = \sqrt{22.500} = 150\ \Omega.$$

Y en el caso de una antena de 150 Ω con un cable de 75 Ω, el valor de la impedancia del cable de unión debe ser:

$$Zc = \sqrt{75 \times 150} = \sqrt{11.250} = 100\ \Omega.$$

De todas formas, debe tenerse en cuenta que la adaptación de impedancias con líneas en 1/4 de onda presenta el inconveniente de limitar ligeramente la amplitud de la banda de frecuencia recibida, lo cual tiene cierta importancia en las zonas adonde llega una señal débil.

Digamos finalmente, antes de finalizar esta parte destinada a las bajadas de antena, que se fabrican cables con doble pantalla para la instalación en lugares donde los disturbios son muy intensos, si bien en estos casos hay que asegurarse siempre de la perfecta conexión del cable apantallado a una buena toma de tierra.

MAGNITUD DE LA SEÑAL DE TELEVISION

La antena debe poder captar la suficiente cantidad de energía de la onda procedente de la emisora para que la señal disponible en los bornes de entrada del aparato televisor sea la precisa para obtener recepción en las debidas condiciones de calidad, tanto para la imagen como para el sonido.

La magnitud de la señal disponible en la entrada del aparato de TV depende de la intensidad del campo en el lugar donde se coloque la antena, del tipo de antena y de la conexión entre ésta y el aparato.

Primeramente nos ocuparemos de los dos factores que influyen en la señal disponible en los extremos del dipolo de antena, o sea del campo disponible y de la antena a instalar.

La magnitud de la intensidad de campo se mide con los llamados medidores de campo, que la expresan en microvoltios por metro. Se trata de aparatos de televisión simplificados en los cuales la señal, en vez de aplicarse a un tubo de rayos catódicos, se manda a un miliamperímetro graduado en microvoltios por metro.

Aparte de los aparatos que se encuentran en el comercio, con todos los medios necesarios para determinar la intensidad de campo existente en cada lugar determinado, describimos a continuación varios aparatos de este tipo que, aun siendo menos precisos que aquéllos, pueden tener gran utilidad para el técnico instalador o reparador de antenas, ya que la orientación de una antena de TV, casi siempre instalada en la parte más alta del edificio, es tan sólo aproximada, ya que falta el control directo de la calidad de la imagen en la pantalla del televisor, que se encuentra en un lugar más o menos distante. Es, por tanto, muy conveniente disponer de un aparato que no solamente dé una idea lo más exacta posible de la magnitud de la señal disponible, sino también que sirva para regular la orientación de la antena con relación al transmisor.

Figura 4. — Medidor de campo para usos profesionales.

Los medidores de campo que se hallan a la venta corresponden aproximadamente al esquema de principio de la figura 5. Están provistos de un sintonizador VHF o UHF, según los casos —o de ambos a la vez—, seguido de una etapa amplificadora en F.I. a cuya salida está conectado un miliamperímetro de control. Al amplificador le sigue una etapa detectora que proporciona una señal de polaridad negativa que hace variar más o menos la ganancia del amplificador de frecuencia intermedia, en función de la amplitud de la señal captada por la antena.

La corriente absorbida por el amplificador controlado por el C.A.G. varía en la misma proporción que la intensidad de la señal captada por la antena, por lo que el miliamperímetro conectado en serie con la alimentación anódica indica la señal recibida en función de la orientación de la antena o señal recibida por la misma. Un potenciómetro dispuesto en paralelo con el miliamperímetro se emplea para regular la desviación del aparato al máximo en ausencia de señal.

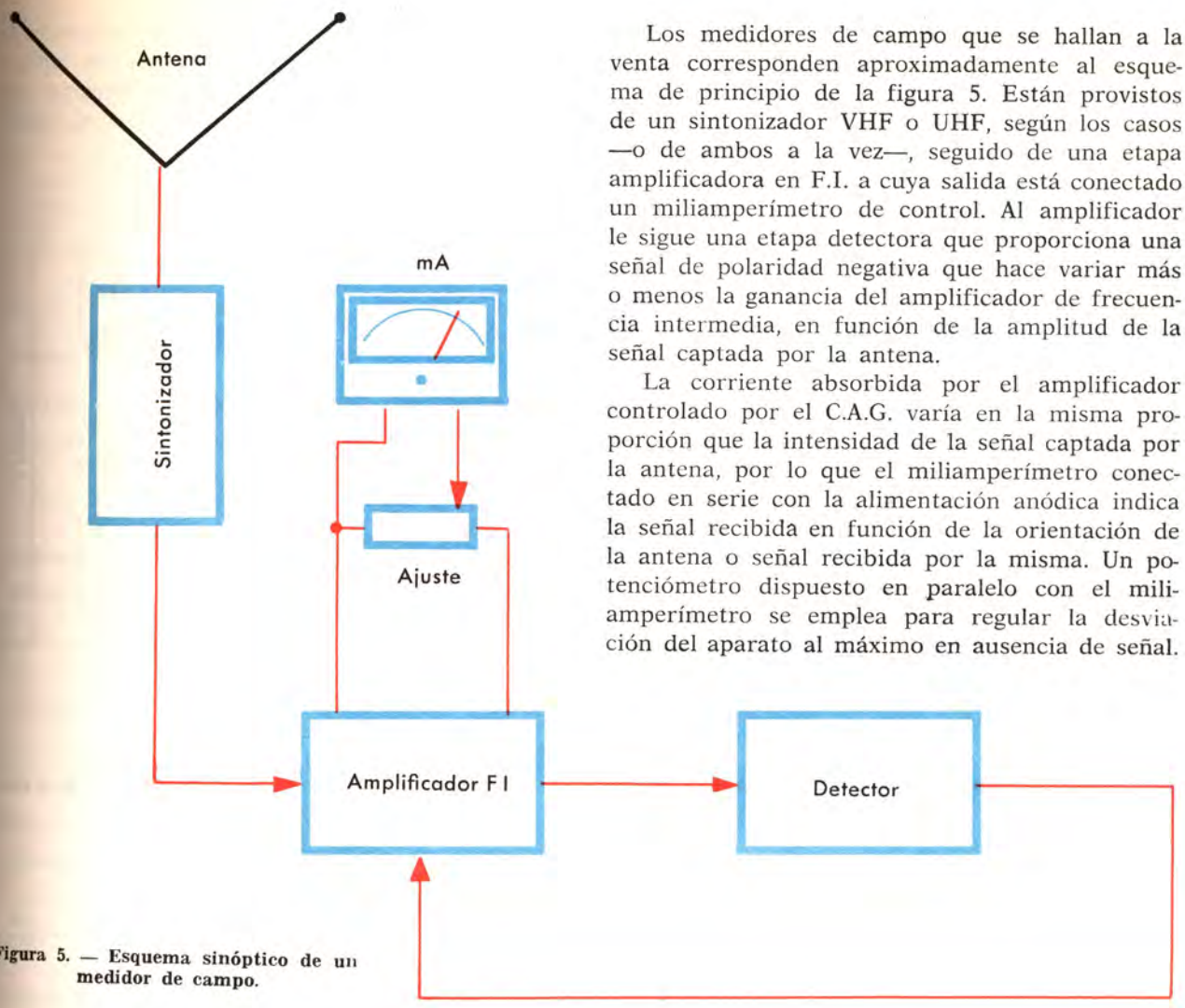


Figura 5. — Esquema sinóptico de un medidor de campo.

El circuito cuyo esquema teórico se indica en la figura 6 corresponde a un medidor de intensidad de campo que, no obstante tratarse de un circuito muy simple, tiene una gran sensibilidad, cuyo montaje puede efectuarse con una pequeña plaquita de circuito impreso como se indica en la figura 7.

Otro aparato de mayor sensibilidad, basado en los mismos principios de los medidores comerciales, es el de la figura 8. Entre otras, presenta la ventaja de ser realizada con componentes de tipos usuales.

El circuito puede considerarse como el de un típico amplificador de F.I. provisto del correspondiente control de ganancia. La F.I. se regula en la parte media de las frecuencias de la portadora video y de sonido, el cual se puede controlar con la ayuda de un auricular conectado a la salida del detector. La primera etapa de F.I. está controlada por el C.A.G. proporcionado por el detector, con lo cual se evita saturar el aparato en el caso de recibir una señal demasiado intensa.

Se considera necesaria una intensidad de campo de unos 500 microvoltios por metro para lograr buena recepción en lugares donde las perturbaciones sean reducidas. En zonas urbanas con intenso tránsito se considera que la magnitud de la señal debe ser de unos 2000 microvoltios por metro para lograr los mismos buenos resultados de recepción; y si la magnitud de que se dispone es del orden de 200 microvoltios por metro se considera que se trata de zonas marginales, donde es dificultosa la recepción de los programas.

El aprovechamiento de la intensidad de campo disponible es tanto mayor cuanto más elevada sea la ganancia de la antena.

En la tabla I se indica, además del valor de la impedancia de la antena, la ganancia que acostumbra obtenerse con los varios tipos descritos.

Puesto que la ganancia es función del número

de elementos que componen la antena, se insertan en la tabla III unos criterios de carácter general para la elección aconsejable en cada caso particular, en función del lugar, su distancia con relación al emisor y el número de elementos de la antena. Cuando se presentan las dos cantidades en forma de suma, debe interpretarse que se trata de dos antenas o sea un conjunto doble.

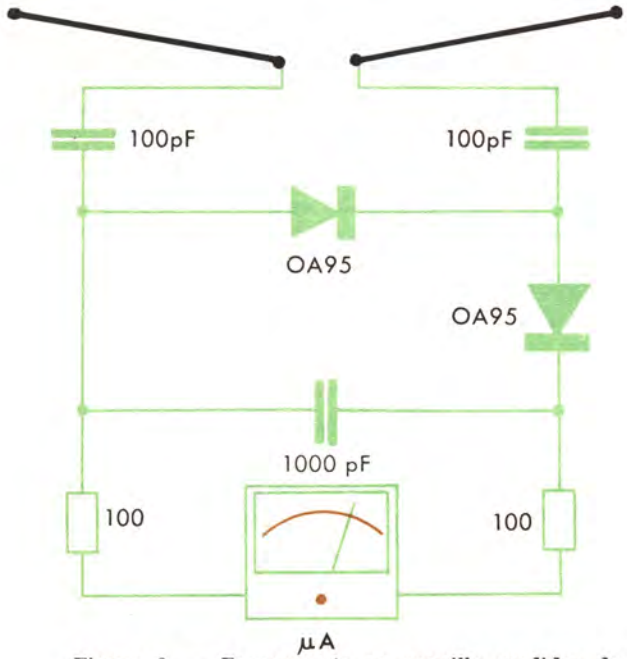


Figura 6. — Esquema de un sencillo medidor de campo.

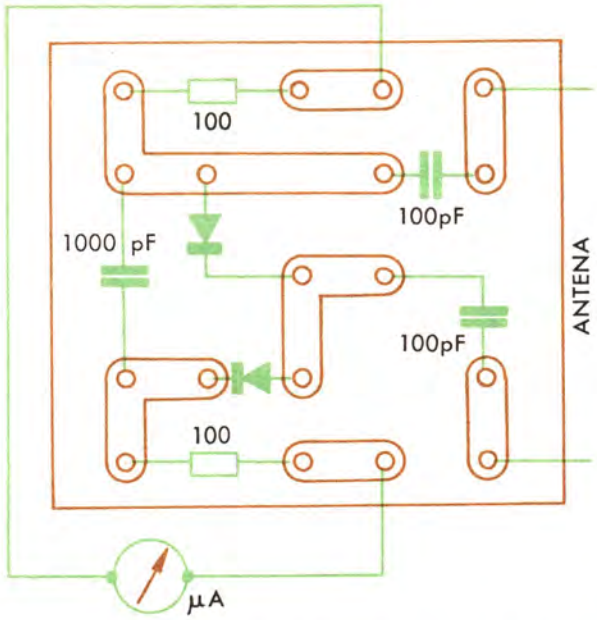


Figura 7. — Plaquita de circuito impreso para montar el medidor de campo.

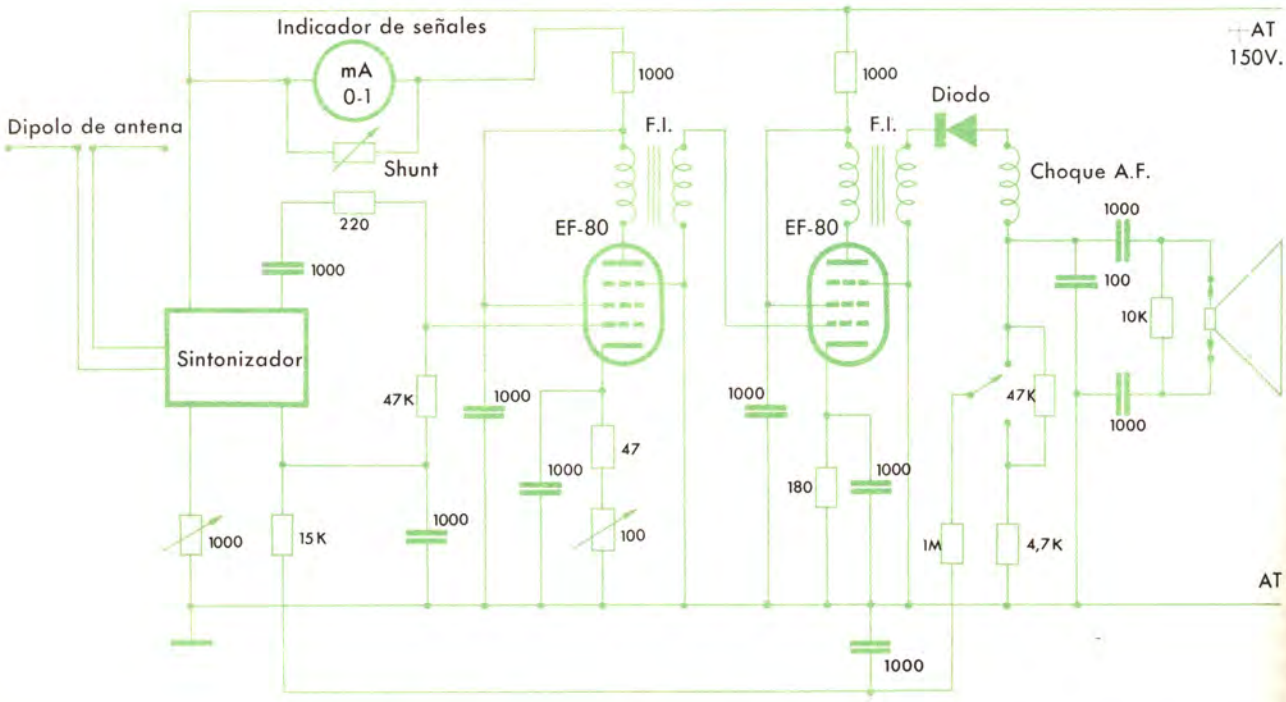


Figura 8. — Diagrama general de un medidor de intensidad de campo realizado con un amplificador de FI para TV y un sintonizador de VHF o de UHF.

TABLA III

Posición recíproca entre las antenas	Número de elementos de la antena en función de la distancia en Km				
	5	10	20	50	80
Antenas con visibilidad directa instalada la receptora en posición óptima	1	1	2	3	3
Antenas con visibilidad directa pero la receptora situada entre edificios más bajos	1	2	3	3	3
El mismo caso anterior pero con la antena dentro de una ciudad	1	2	3	4	4
Antena rodeada de edificios muy altos que impiden la visibilidad directa	3	3	4	4	4
Antena receptora colocada detrás de un obstáculo natural	4	4	3+3	3+3	3+3

CONEXION DE VARIOS TELEVISORES A LA MISMA ANTENA

Lo más corriente es que cada televisor se conecte a una antena propia; pero en la práctica se presenta una serie de casos en que puede ser interesante que una misma antena pueda emplearse por varios televisores.

En los grandes edificios actualmente es obligatorio instalar una antena que pueda alimentar un gran número de televisores; pero también en los pequeños edificios puede ser interesante o económicamente ventajoso el empleo de una sola antena.

El problema que se plantea cuando una antena tiene que servir a varios televisores es la disposición de la energía necesaria para ello, y que no se produzcan interferencias ni molestias desagradables entre los televisores que se le conectan.

Supongamos en principio que la disponibilidad de potencia sea suficiente para conectar los aparatos. Veamos cómo debe hacerse para evitar molestias mutuas.

A primera vista parece que si se quiere conectar dos aparatos televisores a la misma antena basta con poner una toma en derivación y hacer la conexión; pero si se tiene en cuenta lo que antes se explicó, se echa de ver que esto no es adecuado, ya que se produce un desequilibrio de impedancias al final de la línea de bajada de antena que no es conveniente.

Veamos, pues, cómo debe efectuarse la cone-

xión cuidando de mantener los adecuados valores de impedancia. Es preciso crear grupos con valor de impedancia doble, triple o cuádruple del de la bajada de antena, de forma que cuando estos grupos se conecten en paralelo den un valor de impedancia igual al de la bajada de antena.

Para conectar dos televisores a una bajada de 300 Ω puede emplearse el sistema indicado en la figura 9: se forman dos grupos de 600 Ω, que conectados en paralelo se reducen a los 300 Ω del cable de bajada.

Si se prefiere un sistema que no cause prácticamente ningún desequilibrio cuando algún receptor se desconecte de la toma puede emplearse el sistema de la figura 10, que difiere del anterior por disponer de una resistencia, en paralelo con la toma del aparato, que continúa guardando el equilibrio dentro de lo posible aunque se desconecte un receptor.

Si se quiere efectuar la conexión de tres o cuatro aparatos a la misma toma o bajada de antena de 300 Ω se emplearán los circuitos de las figuras 11 y 12. En todos los casos deben emplearse resistencias de tipo antiinductivo, ya que se trabaja con frecuencias elevadas.

Si se tratara de efectuar la toma a una bajada de antena de 75 Ω el sistema continúa siendo el mismo; o sea, combinación de grupos de resistencias antiinductivas, de forma que de su unión resulte un conjunto equilibrado en cuanto a valores de impedancia.

En las figuras 13, 14 y 15 se indica la forma y

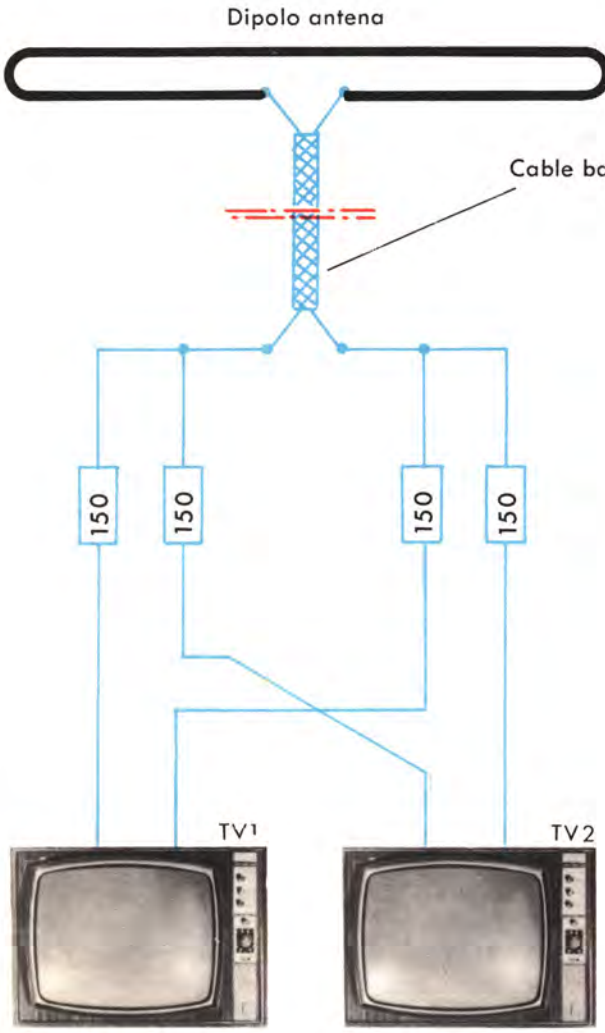


Figura 9. — Conexión de dos televisores a una misma antena.

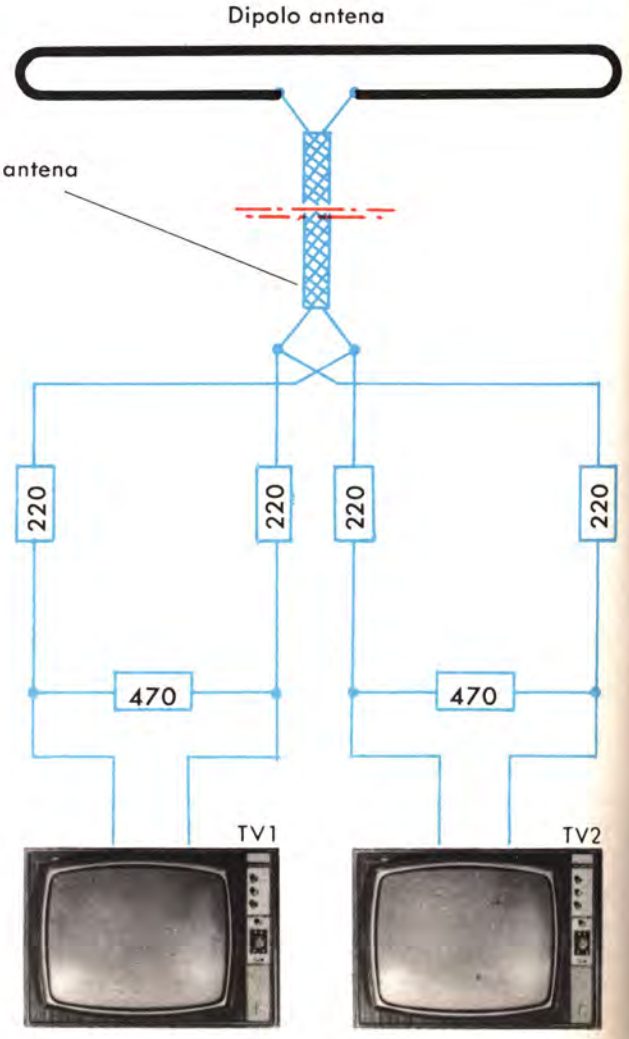


Figura 10. — Conexión de dos televisores a una misma antena con resistencia en paralelo con el TV.

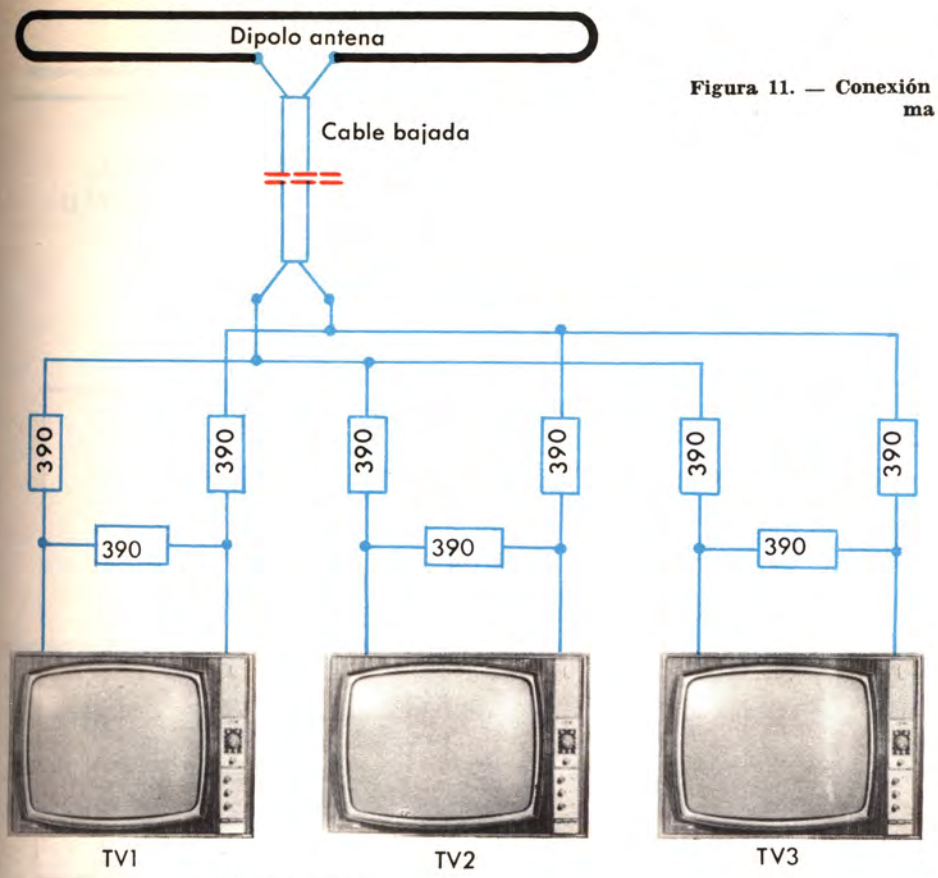


Figura 11. — Conexión de tres aparatos a una misma antena.

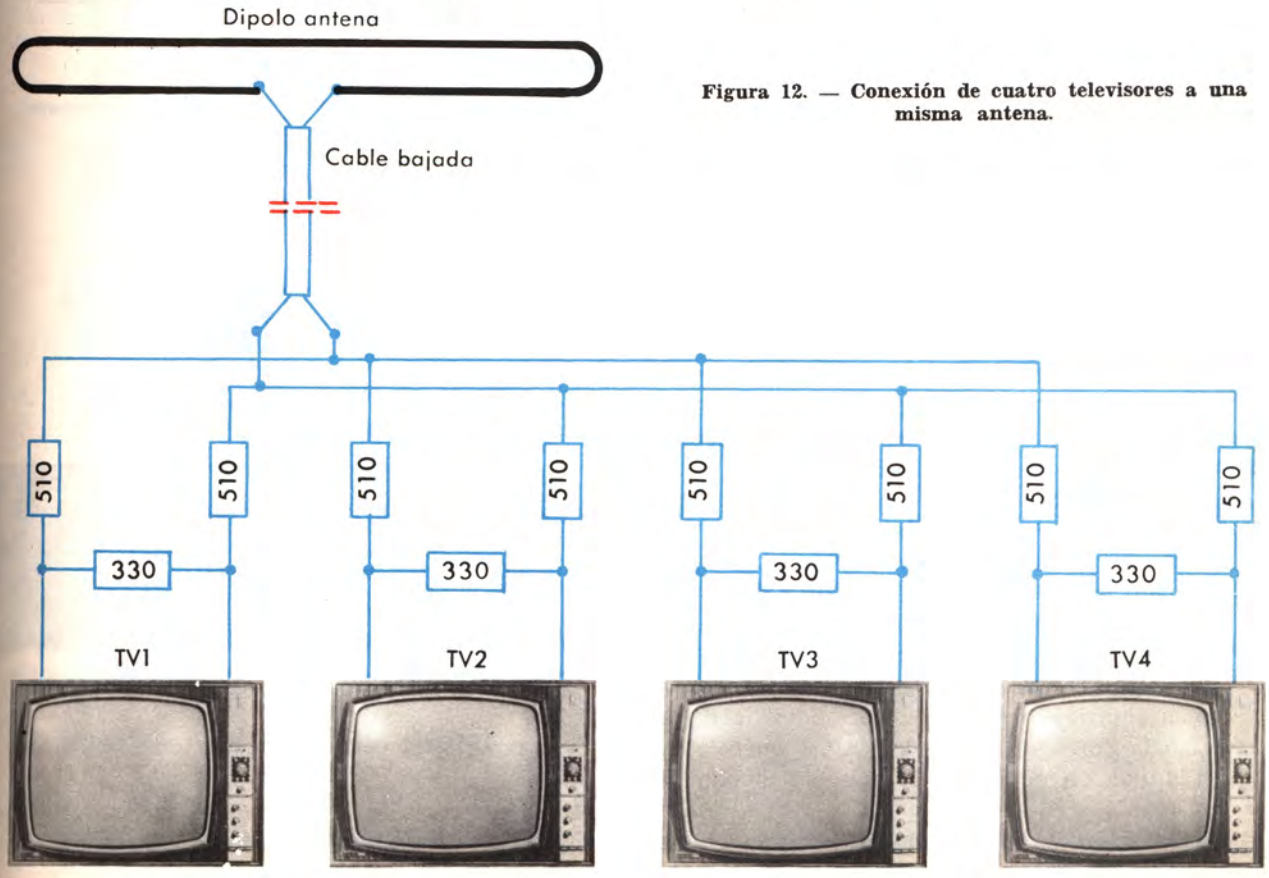


Figura 12. — Conexión de cuatro televisores a una misma antena.

los valores para la conexión de varios televisores a una toma de 75 Ω.

El conjunto de las resistencias para lograr un perfecto equilibrio de impedancias, que se colocan dentro de una cajita, se denomina *distribuidor* o caja de distribución.

Los valores de las resistencias, que siempre son iguales entre sí, se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$R = Z \frac{n-1}{n+1}$$

en la cual R es el valor de la resistencia, Z la impedancia característica de los cables que se conecten al distribuidor y n el número de tomas.

Así tendremos, para Z = 75 Ω y dos tomas,

$$R = 75 \frac{2-1}{2+1} = 75 \frac{1}{3} = 25\ \Omega.$$

Para tres el valor de R sería de:

$$R = 75 \frac{3-1}{3+1} = 75 \frac{2}{4} =$$

$$= 75 \frac{1}{2} = 37{,}5\ \Omega.$$

Y para cuatro

$$R = 75 \frac{4-1}{4+1} = 75 \frac{3}{5} =$$

$$= 15 \times 3 = 45\ \Omega.$$

En todos estos casos, y con el objeto de evitar desequilibrios en cuanto a la correcta adaptación de impedancia, es una buena solución que cuando se desconecte una toma de aparato de televisión quede sustituida por otra que presente la misma impedancia, de forma que el conjunto continúe perfectamente equilibrado.

Hasta aquí hemos visto la forma de efectuar estas conexiones contando con que la antena capta la energía necesaria para efectuar las conexiones con las debidas garantías de éxito.

En la práctica no es fácil disponer de una antena a la que puedan conectarse varios aparatos, ya que, como puede comprenderse, las combinaciones necesarias para equilibrar el valor de la impedancia son causa de pérdida de energía, lo cual redunda en perjuicio de la señal disponible en las tomas secundarias.

Para soslayar este inconveniente pueden tomarse dos soluciones: aumentar la potencia disponible por medio de un amplificador, o efectuar la toma por sistema electrónico, que no produzca atenuación o pérdida de la señal disponible.

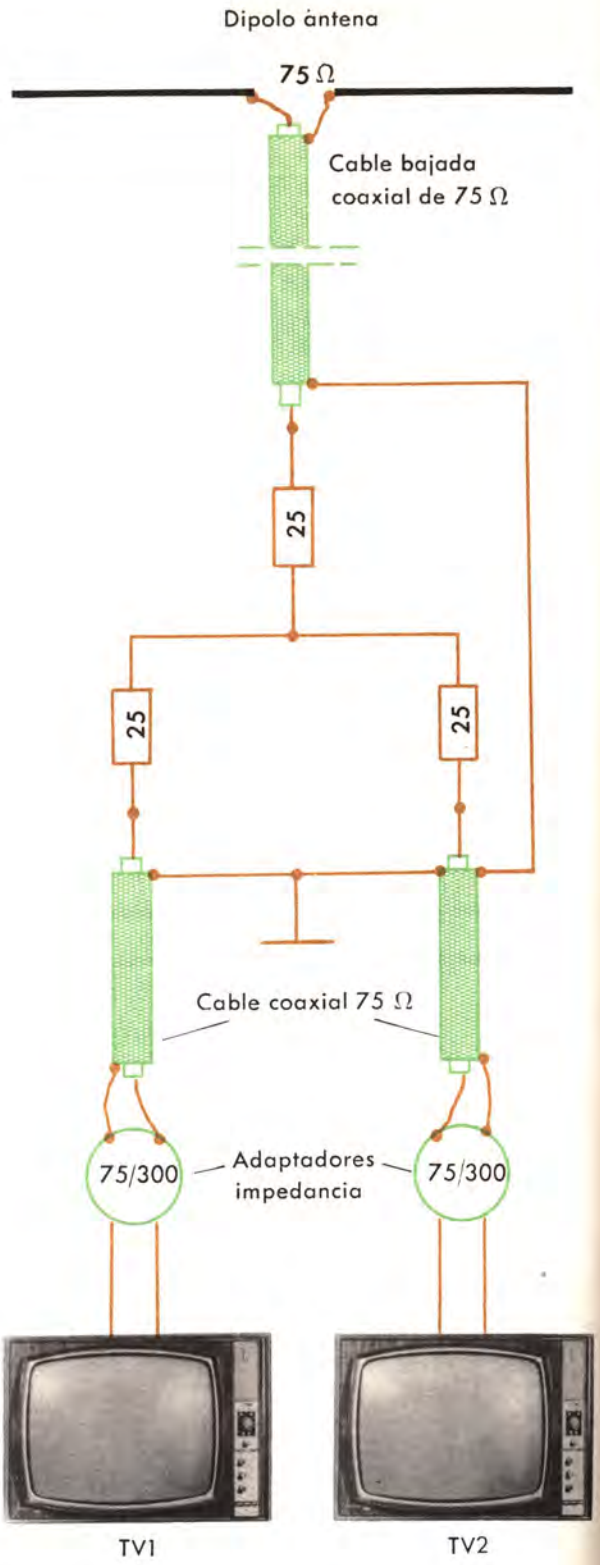


Figura 13. — Conexión de dos televisores a una bajada de 75 Ω.

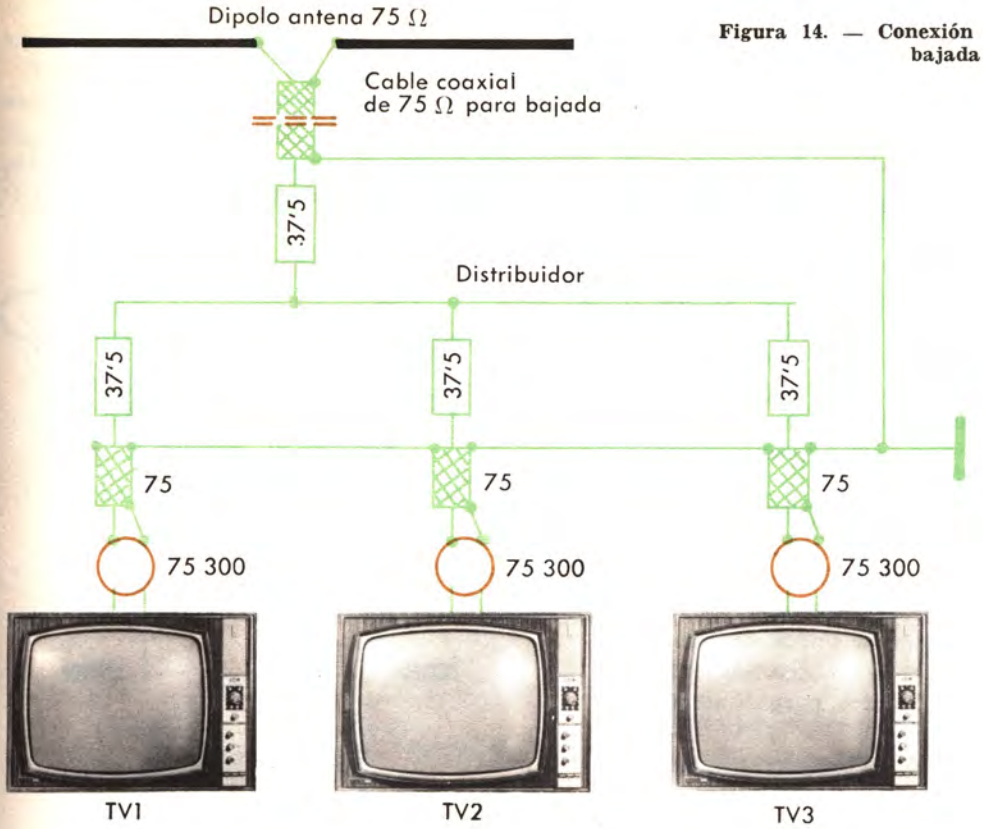


Figura 14. — Conexión de tres televisores a una bajada de 75 Ω.

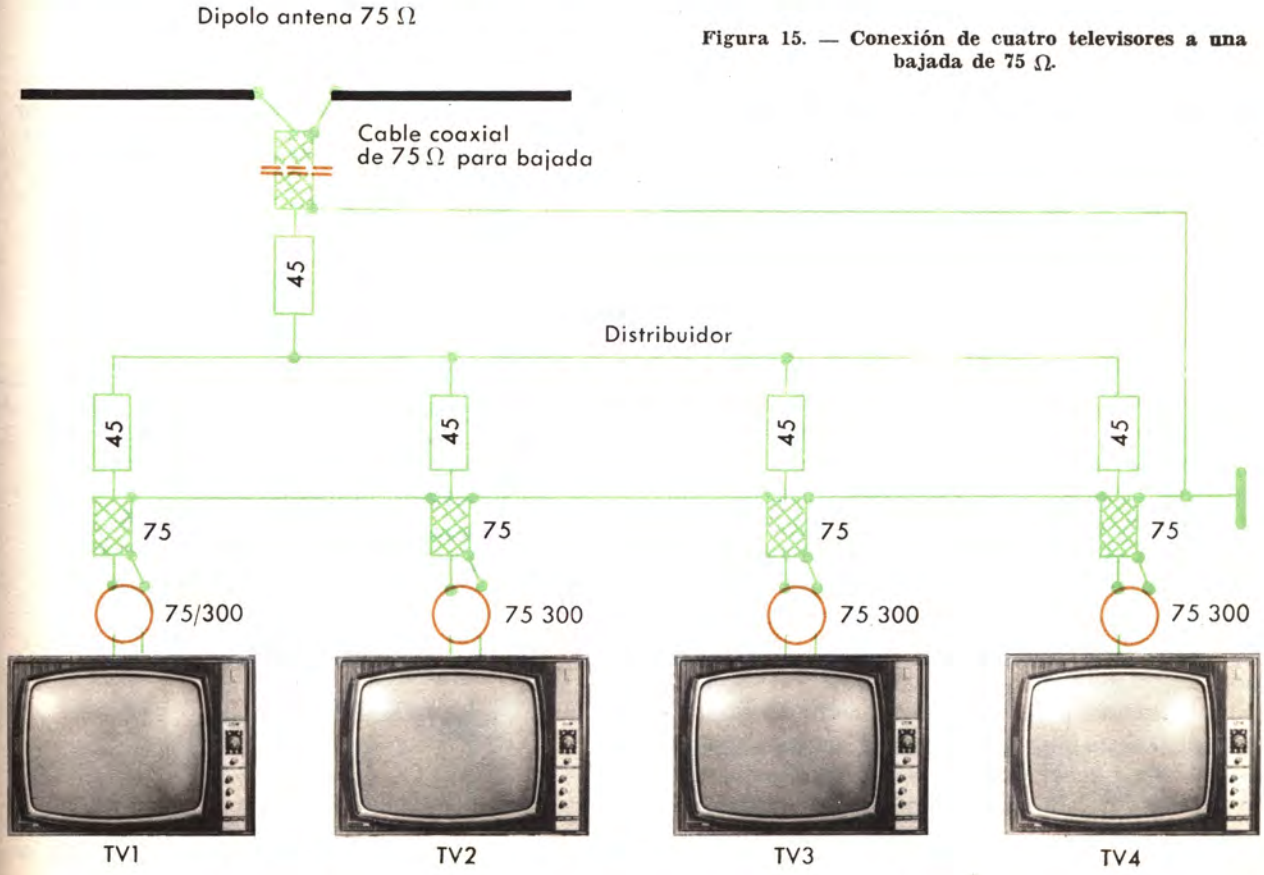


Figura 15. — Conexión de cuatro televisores a una bajada de 75 Ω.

En la figura 16 se muestra el esquema de un separador electrónico que no causa atenuación. El equilibrio de impedancias se logra por medio de una carga de valor igual a la impedancia del cable de bajada, con toma en el punto medio al objeto de repartir la señal entre las dos rejillas de la válvula de que está dotado el separador electrónico.

Con este dispositivo se puede conectar varios aparatos a una misma bajada, a condición de que cada toma esté provista del correspondiente separador electrónico, el cual toma la señal de la línea por medio de dos resistencias antiinductivas de desacoplo que se conectan a las rejillas de una válvula doble triodo que actúa como adaptador de impedancias.

La válvula es del tipo 12AT7. Como puede verse en el esquema, la impedancia se conserva sin ninguna atenuación (aparte la propia de la línea de bajada de antena).

La alimentación de la válvula puede realizarse con un simple alimentador auxiliar, o tomando del propio televisor las corrientes para filamentos y placas.

Conviene que la toma del separador electrónico a la bajada de antena sea lo más corta posible, para lo cual se hace llegar la línea de bajada hasta el lugar donde se instala este aparato. Es obvio que no interesa unir la bajada de antena al separador por medio de una línea independiente, puesto que en este caso se ocasionarían desarreglos en la impedancia de la línea, lo que debe evitarse en lo posible.

Si se aplica a una bajada de cable coaxial, se conecta uno de los bornes de la entrada del separador electrónico a la pantalla del cable, o sea a tierra.

Otro tipo de separador electrónico es el que indicamos en la figura 17. Toma la señal a través de condensadores y emplea una válvula ECC83 como elemento adaptador de impedancia.

La bajada de antena puede ser bifilar, pero su valor de impedancia no tiene ninguna relación con el separador. Igual que en el caso anterior, se coloca la carga (de valor igual al de la línea de bajada) en su extremo inferior, si bien no se necesita la toma de tierra en el punto medio de dicha carga óhmica pura.

Hemos visto algunas soluciones que pueden tomarse cuando la señal disponible es adecuada cuando menos para la alimentación de un aparato de televisión. ¿Qué puede hacerse cuando la señal de que se dispone no es suficiente para un aparato, o sí lo es para uno pero no para varios?

La solución consiste en amplificar por medio

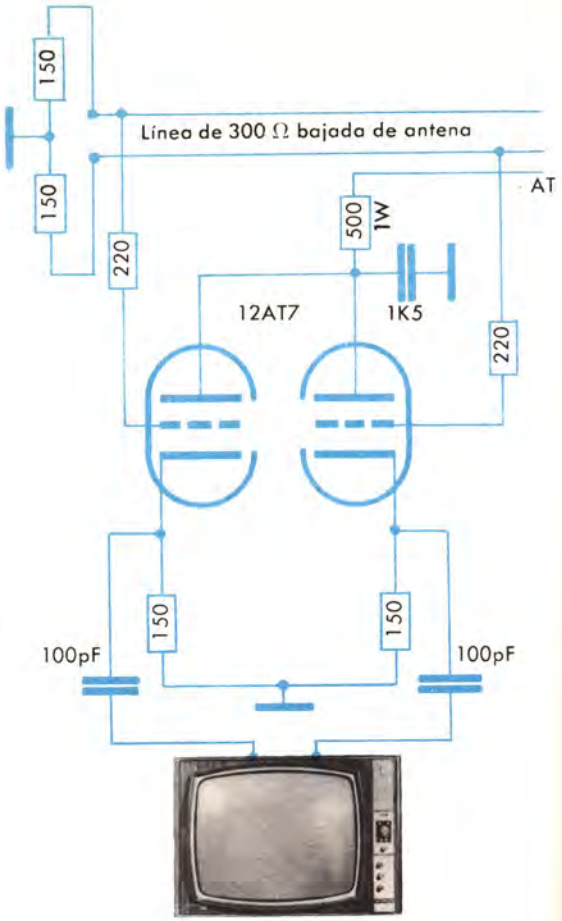


Figura 16. — Separador electrónico para conectar varios televisores a una misma antena con pérdida de señal despreciable.

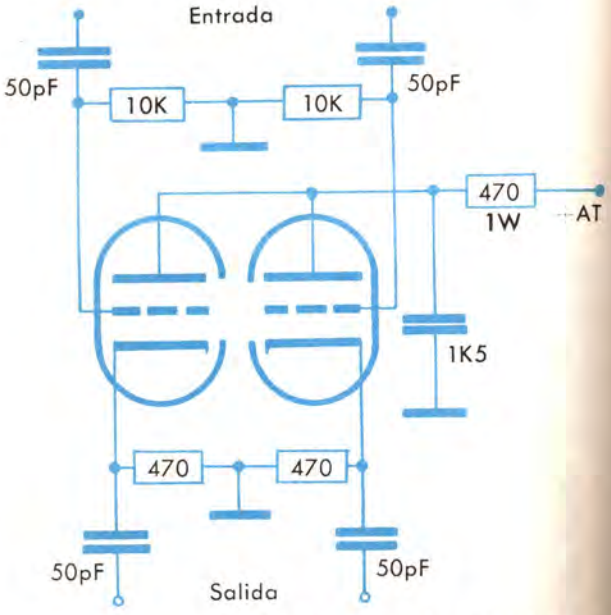


Figura 17. — Otro tipo de separador electrónico con acoplamiento capacitivo para la conexión de varios televisores a una misma antena.

de los llamados amplificadores de antena o *booster* la señal captada por la antena.

Con un aparato de este tipo puede llegar a conectarse diez aparatos de televisión a una misma antena; fundamentalmente debe tenerse la misma precaución, que ya hemos indicado antes, de no cortar la línea de bajada ni efectuar tomas largas con cable del mismo tipo. Se procura que sean lo más cortas posible o, si lo permite la instalación, llevando el cable de bajada en zigzag hasta cada separador, como muestra la figura 18.

La alimentación del aparato puede hacerse, como en el caso anterior, independiente o tomándola de cada televisor.

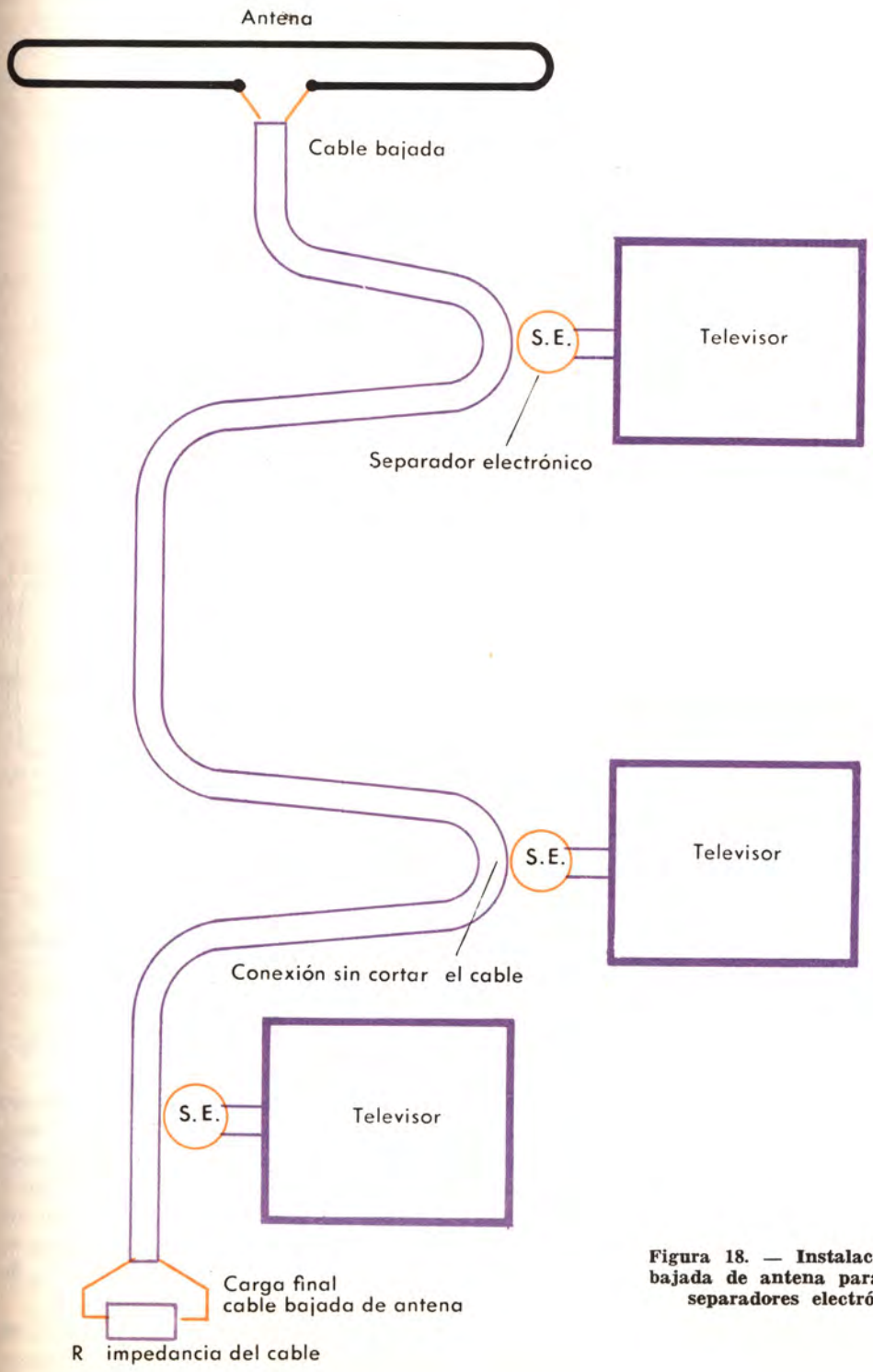


Figura 18. — Instalación en zigzag del cable de bajada de antena para dar la señal a los varios separadores electrónicos de la instalación.

AMPLIFICADORES DE ANTENA

Para disfrutar de una recepción óptima en televisión es indispensable, además de disponer de un valor mínimo de señal en la toma correspondiente, que se mantenga suficientemente alto el valor de la relación entre la tensión de entrada y la generada por los distintos disturbios presentes en la instalación.

Si la tensión útil es mayor que la de disturbio con suficiente margen (del orden de cuarenta a cien veces) la amplificación simultánea de ambas tensiones no perjudica a la primera, sino que la útil queda muy mejorada; pero si la relación señal-ruido fuese muy baja (del orden de dos a diez) la amplificación simultánea daría lugar a grandes defectos en la visión de la imagen, en la que se apreciaría gran cantidad de granos, efecto *nieve* o *arena*.

Por este motivo, aunque se piense en instalar un amplificador de antena, siempre se debe procurar disponer en antena de la máxima señal útil posible. No debe olvidarse que en realidad todos los amplificadores son a la vez generadores de ruido; ruido tanto menos perceptible cuanto mayor sea la magnitud de la señal a la entrada.

De paso, puestos a hablar del pernicioso efecto de los disturbios o ruidos parásitos en la recepción de televisión, comentaremos la conveniencia de instalar en lugares muy perturbados el amplificador de antena en los mismos bornes del dipolo de antena, ya que de esta forma se evita que lleguen a su entrada los disturbios que pueda captar el cable de unión entre antena y amplificador (fig. 19).

Los amplificadores de antena deben reunir ciertas condiciones. Tanto su entrada como su salida deben ser adecuadas para la conexión de las líneas o cables normalmente empleados en instalaciones de antenas; y además de amplificar la señal en una determinada magnitud no deben introducir limitaciones en ella, puesto que una lilimitación de banda representa una pérdida de calidad de la imagen en los aparatos de televisión. Por este motivo se considera que la banda pasante de estos aparatos debe ser del orden de 8 Mc/s, de lo que se desprende que cada aparato amplificador se ajusta y por tanto solamente es útil para un canal de televisión, igual que como prácticamente sucede con las antenas.

Las características de aplicación de estos aparatos se describen en los folletos de los correspondientes fabricantes; pero daremos algunos esquemas para que se forme una idea de sus componentes y describiremos sus ventajas, forma de alimentación, etc.

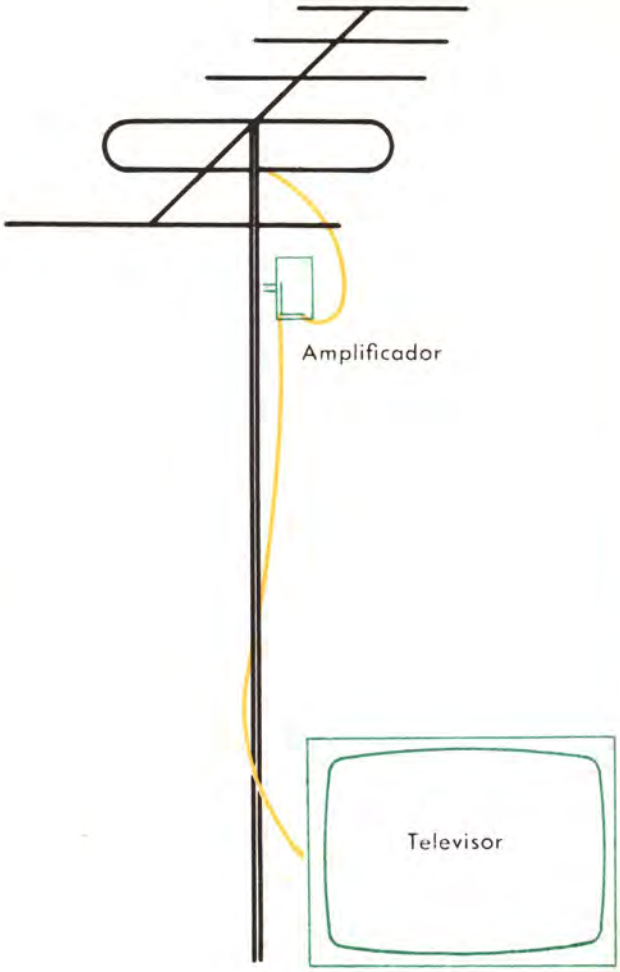


Figura 19. — Forma correcta de instalar el amplificador de antena cuando hay disturbios para aumentar la relación señal/ruido.

En la figura 20 puede ver el esquema de un preamplificador de antena. Aunque es de aspecto sencillo, debe tener en cuenta que para su buen funcionamiento debe montarse adecuadamente y proceder a su ajuste. Las bobinas deben estar conectadas a las tomas del soporte de la válvula de forma directa, o sea, sin longitudes auxiliares de hilo.

Para la banda III las bobinas L_2, L_3 y L_4 se construyen sobre formas de 8 mm, con núcleo

magnético para el ajuste; se componen de tres a cuatro vueltas ligeramente espaciadas de hilo de cobre desnudo de diámetro comprendido entre 0,8 y 1 mm. Los arrollamientos de acoplo L_1 y L_5 están formados por una o dos espiras de hilo aislado del mismo diámetro, en acoplo cerrado con los correspondientes circuitos.

Este pequeño amplificador, que da excelentes resultados, necesita de un alimentador de alta tensión en continua, lo cual dificulta seriamente su instalación en la proximidad del dipolo de la antena receptora de señales. Por este y otros motivos ya conocidos del lector, se prefieren los amplificadores con transistores, puesto que, aparte otras ventajas, pueden instalarse en cualquier lugar, ya que la alimentación se hace con tensiones muy reducidas, usualmente del orden de 12 voltios.

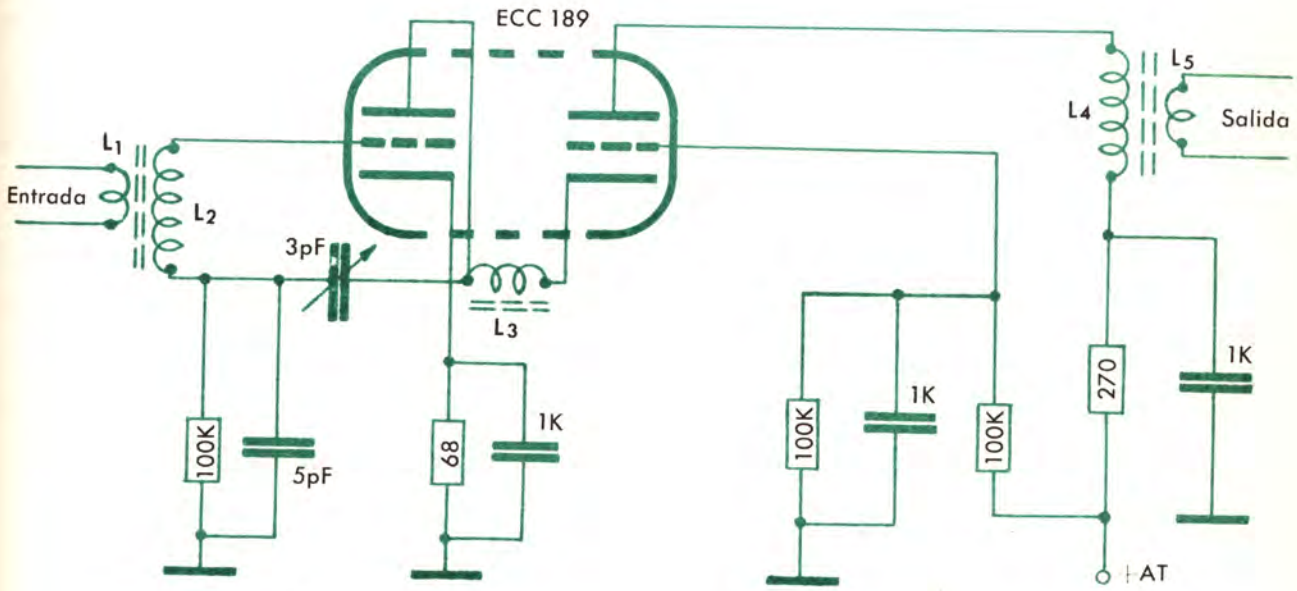


Figura 20. — Amplificador a válvulas para mejorar la señal de antena.

Describiremos ahora tres tipos de preamplificadores para antena, cada uno de los cuales puede proporcionar una ganancia de 15 decibelios con un transistor, 32 decibelios con dos transistores y 38 decibelios con tres transistores; o sea que la relación entre las tensiones de entrada y salida puede ser de 6, 40 y 80 veces respectivamente.

Teniendo en cuenta que con unos 1000 microvoltios en la toma de antena se puede disponer de una imagen perfecta, o sea sin *efecto nieve*, y con una muy buena relación de contrastes, veremos que si por cualquier motivo la señal disponible es bastante menor, con uno de estos aparatos podrá aumentarse considerablemente, pasando de una imagen imperfecta con efecto *nieve* a otra perfecta y en las debidas condiciones: si se dispusiera de unos 200 microvoltios, magnitud muy modesta para obtener una imagen de televisión, con el amplificador de un solo transistor podría aumentarse hasta unos 1200 microvoltios, que son más que suficientes para lograr una perfecta recepción de los programas.

Los amplificadores con dos y tres transistores proporcionan una ganancia tan elevada que es posible recibir los programas en los lugares más difíciles.

Menos de 100 microvoltios son suficientes para que el preamplificador con dos transistores proporcione buena imagen; y bastarían unos 50 microvoltios para lograr los mismos resultados con un aparato equipado con tres transistores.

En especial, este último se presta para las zonas montañosas adonde la señal de TV llega con escasa potencia y es insuficiente para formar una imagen en la pantalla del televisor.

Las ventajas son amplias en favor de estos

amplificadores transistorizados: además de la baja tensión de alimentación presentan un consumo mínimo, ningún calentamiento, pequeñas dimensiones, duración ilimitada y mínimo ruido de fondo, detalle este último de la mayor importancia, ya que, como hemos indicado, aparece en la pantalla en forma de efecto *nieve*.

Para empezar describiremos el más simple de los tres circuitos, o sea, el de un solo transistor de germanio del tipo AF102 (PNP), dadas sus excelentes características de bajo ruido, buena estabilidad y elevada ganancia (fig. 21).

Como se trata de un circuito destinado a la amplificación de la banda de VHF se ha efectuado un montaje en base común, ya que tiene la ventaja de rendir mayor ganancia, presentar mayor estabilidad y estar menos sujeto a descargas de A.F.

La entrada está preparada para la impedancia característica de 75 Ω, o sea para cable coaxial del tipo que más se emplea en instalaciones de antena. A esta parte del circuito se ha incorporado un adaptador de impedancias formado por un *trimmer* de 3 a 25 pF que logra el perfecto acoplo entre la instalación y el transistor, mejorando el rendimiento del conjunto.

Tal como se observa en el esquema, aparte de las correspondientes polarizaciones y estabilización térmica mediante las resistencias del circuito, con lo que su funcionamiento es perfecto tanto en verano como en invierno y de forma ininterrumpida, la señal se aplica al emisor del transistor, y en el colector se obtiene una señal notablemente amplificada.

La bobina de carga tiene una toma con la cual se adapta la impedancia de salida del transistor a la del cable de salida, que al igual que para la entrada debe ser de 75 Ω de impedancia.

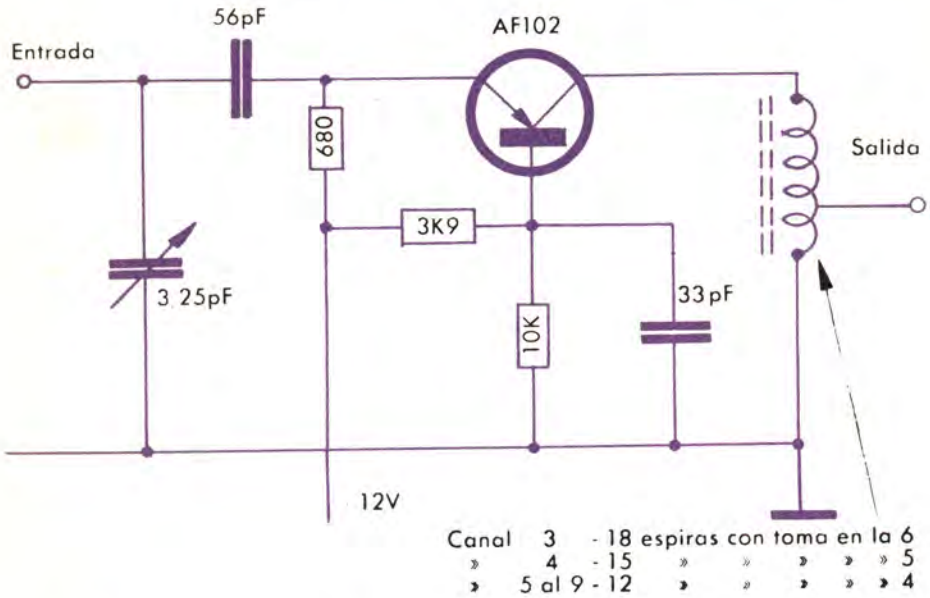


Figura 21. — Amplificador a un transistor para señal de antena.

La alimentación puede efectuarse con un hilo auxiliar, aunque en algunos casos puede montarse el rectificador estabilizador en la misma caja y efectuar la alimentación a través del cable de línea de antena, tal como muestra la figura 22, lo cual hace factible colocar el preamplificador debajo mismo del dipolo de antena —siempre que se instale en una caja adecuadamente protegida— y el alimentador junto al televisor, ya que está formado por una cajita que contiene el transformador reductor de tensión.

El aparato se monta en una cajita metálica. El conexionado de los varios componentes se efectúa de forma adecuada, colocando conectores para los cables de entrada y salida.

El transistor empleado tiene cuatro terminales en vez de los tres que se ven en el esquema. El cuarto terminal, que corresponde a la pantalla, debe conectarse a masa.

La bobina de sintonía debe tener el número de espiras indicado en el esquema y con la toma intermedia, contando las espiras por el lado de masa. El arrollamiento se colocará sobre un soporte de poliestireno de 7 mm de diámetro provisto de núcleo ferromagnético; se emplea hilo esmaltado de 0,5 mm de diámetro en todos los devanados. Como se observa en el esquema, la banda II se cubre con dos bobinas; para la banda III es suficiente una.

El preamplificador se ajusta conectándolo en

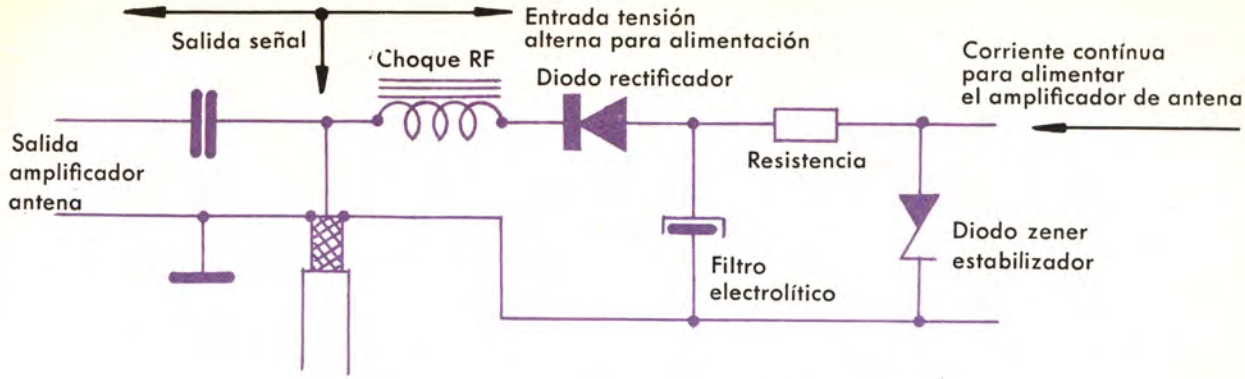


Figura 22. — Rectificador estabilizador colocado en el mismo amplificador de antena.

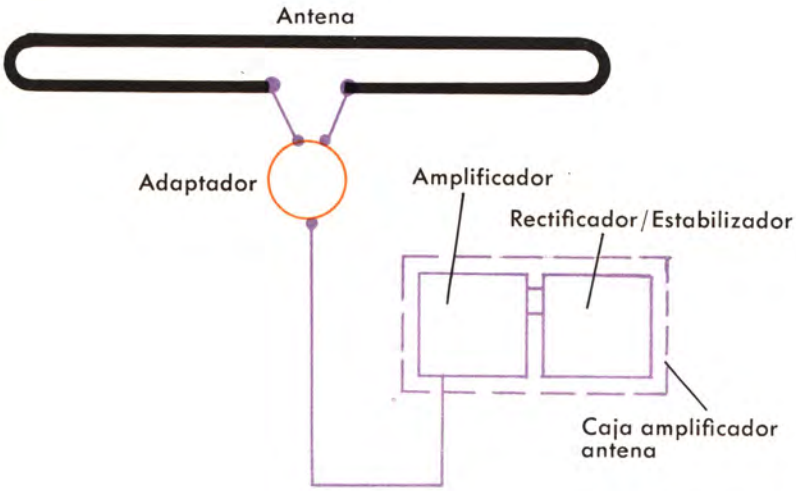
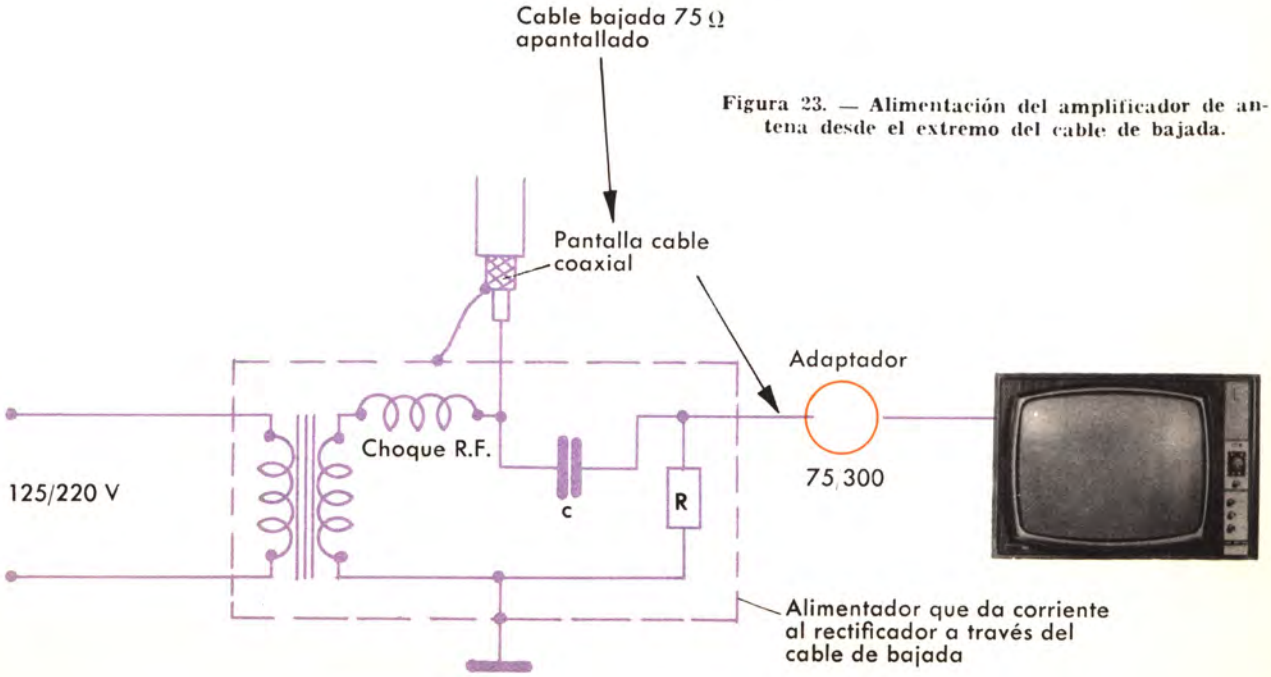


Figura 23. — Alimentación del amplificador de antena desde el extremo del cable de bajada.



serie con el cable o bajada de antena. Se le da corriente y observando la pantalla del televisor, regulado al mínimo contraste, se procede a ajustar el *trimmer* de entrada y la bobina de forma que se logre el máximo contraste posible en la pantalla del televisor. El aparato queda listo para su conexión definitiva en la instalación. El lugar más adecuado es el más cercano posible al dipolo de la antena.

Para el ajuste de este amplificador, así como para la orientación de antenas, puede ser de gran utilidad el aparato que muestra la figura 24. Consiste en una célula conectada a un téster en la escala correspondiente a la medida de resistencias, con lo que se controlan de forma eficiente, a través de las variaciones de la aguja del aparato, las variaciones de contraste de la imagen. Es aconsejable efectuar esta operación con una imagen fija en la pantalla del televisor, como por ejemplo la carta de ajuste que se emite antes de dar comienzo a los programas de TV.

Si con el dispositivo descrito no se obtuviera la deseada perfección de imagen en la pantalla del televisor, sería evidente que —a menos de acontecer alguna anomalía en la instalación— la señal recibida tiene magnitud insignificante, de tan exiguo valor que a pesar de haberla aumentado seis veces es insuficiente para alcanzar el mínimo necesario para la buena recepción.

La solución puede consistir en preparar un preamplificador más eficaz, como el de dos transistores, que ya hemos mencionado como capaz de proporcionar una ganancia de 32 decibelios o sea una relación de tensiones de cuarenta veces.

Este amplificador, cuyo esquema puede ver en la figura 25, consiste en dos amplificadores idénticos al que acabamos de describir conectados en serie. La bobina del primer transistor en vez de entregar la energía al cable lo hace a otro circuito de entrada, con el correspondiente *trimmer* de regulación para el buen acoplamiento de impedancias.

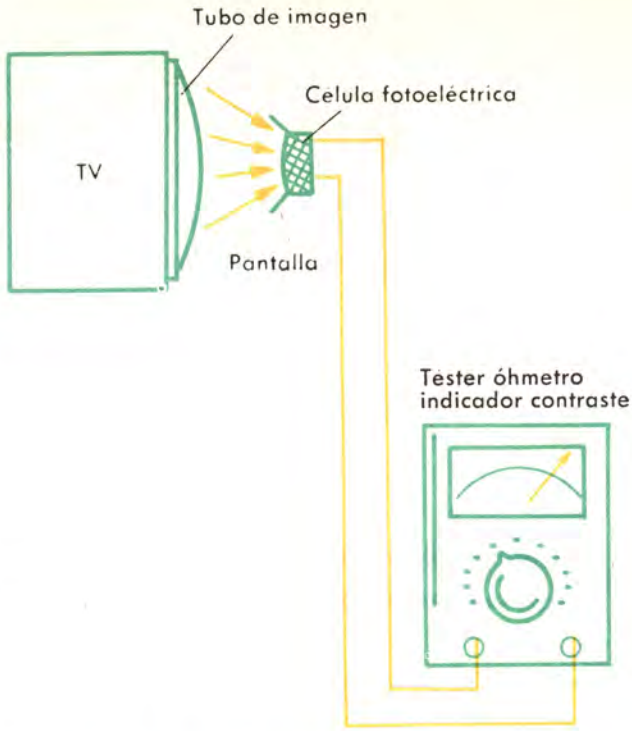


Figura 24. — Observación con un téster de las variaciones de contraste en la pantalla de un televisor.

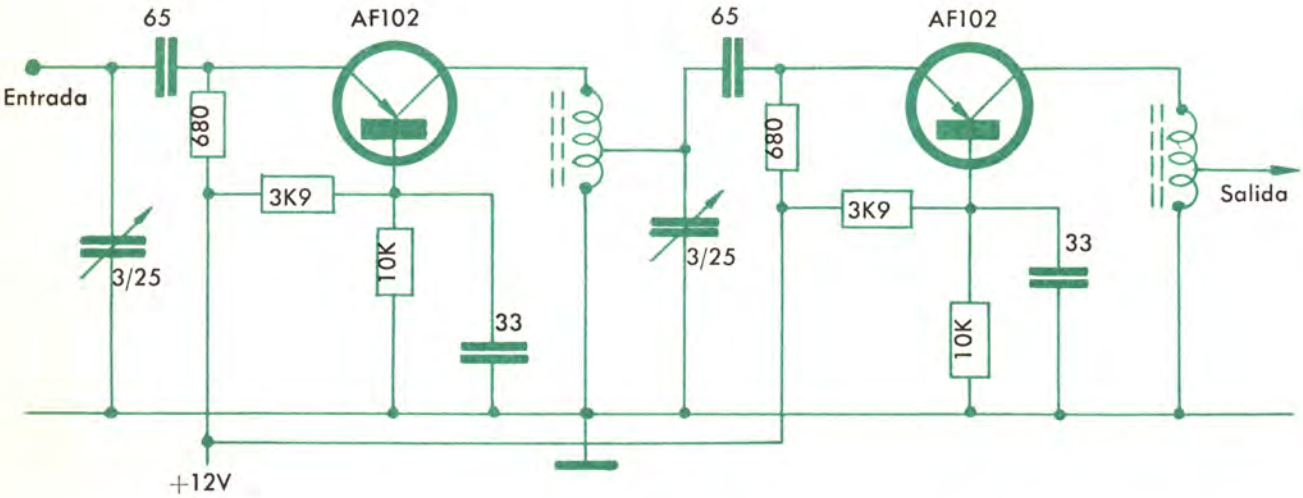


Figura 25. — Amplificador para señal de antena con dos transistores, capaz de una ganancia de 32 decibelios.

Es superfluo otro comentario sobre este circuito: se trata de dos aparatos en serie con los mismos componentes que hemos descrito para el primer preamplificador, incluyendo los transistores, las bobinas y todos sus detalles.

La fuente de alimentación puede ser la misma. Debe tenerse en cuenta que este amplificador tiene un consumo de 8 mA en vez de los 4 del tipo anterior.

Si con ninguno de los dos preamplificadores descritos se consiguieran los resultados apetecidos, sea por la falta de señal disponible o por el número de televisores a conectar en la antena, se puede proceder a la construcción del tercer amplificador (fig. 26).

Este aparato —al que ya designaremos como amplificador, dadas sus características— está formado por tres preamplificadores parecidos al descrito en primer lugar conectados en serie. En este caso debe tenerse en cuenta lo siguiente:

En primer lugar, y para reducir el ruido de fondo que podría introducir el primer paso de amplificador, se ha disminuido la corriente de colector de 4 a 2 miliamperios, variando para ello el valor de la resistencia correspondiente.

Como sea que esta modificación comporta un descenso de la impedancia de entrada, se ha colocado en serie con el emisor una pequeña inductancia formada por dos espiras de hilo esmaltado de 1 mm, arrolladas al aire, con un diámetro interior de 8 mm. Así se consigue elevar la impedancia de entrada al valor normal de 75 Ω del cable coaxial de entrada.

El segundo transistor está montado en las mismas condiciones que en los casos anteriores. Su salida se conecta a la correspondiente bobina, también de idénticas características que las anteriores.

La diferencia fundamental está en el tercer paso de amplificación, dotado de un transistor del tipo AFY-19 que trabaja con una fuerte corriente de colector, lo cual obliga a proveerlo de un radiador, de una superficie de unos 20 centímetros cuadrados, para que disipe el calor que se produce durante su funcionamiento.

Dada la potencia disponible en la salida, la bobina de salida debe construirse de la misma forma que las anteriores, pero con hilo de 1 mm de diámetro, y tener el número de espiras que se indica en el esquema.

Para poner a punto y ajustar el aparato se sigue de forma escalonada el sistema empleado para el ajuste de los tipos descritos anteriormente.

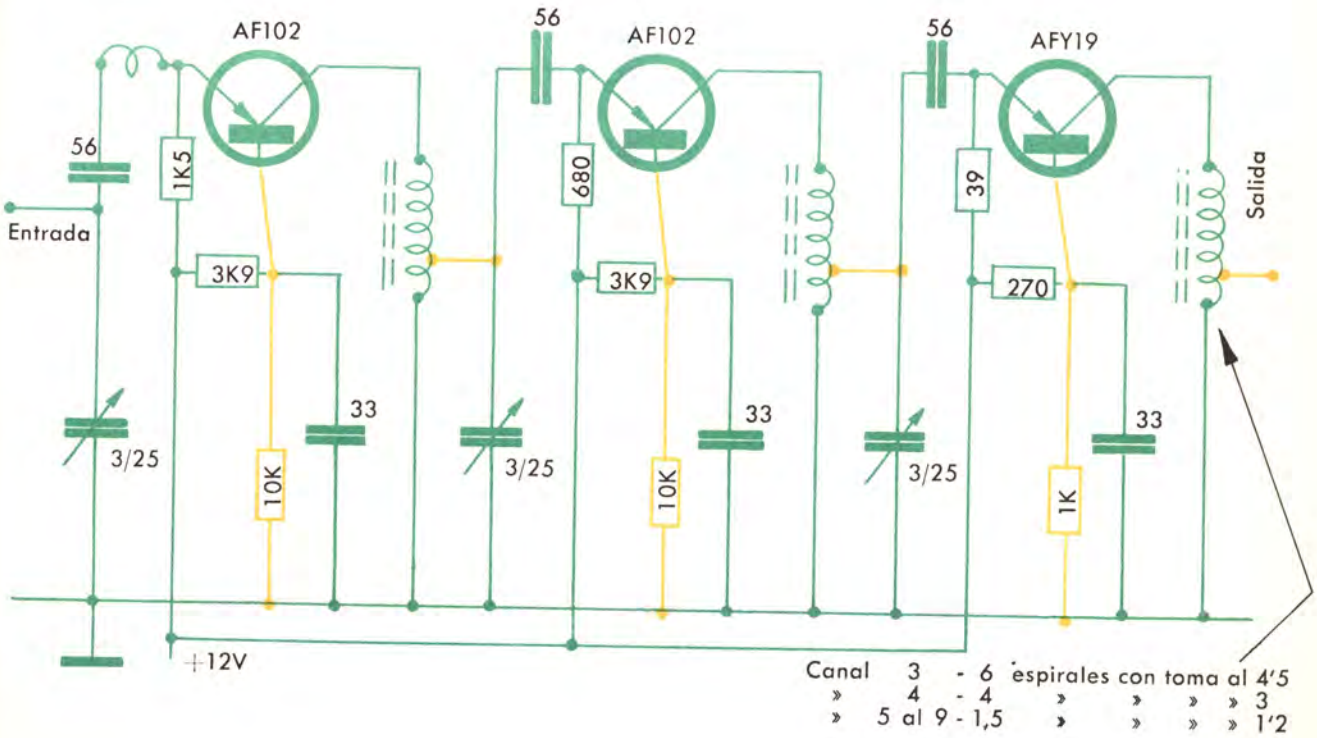


Figura 26. — Amplificador de 3 transistores de elevada ganancia para señales de antena en la gama de VHF.

Todos los circuitos descritos hasta aquí son aptos para la banda de VHF, pero no para los canales de UHF: en este caso se trata de frecuencias mucho más elevadas y las técnicas de construcción y ajuste son más delicadas.

El esquema de un amplificador transistorizado de antena para UHF se da en la figura 27. La señal de entrada se aplica a un circuito previo que se sintoniza a través de un transformador de simetría de banda ancha.

El acoplamiento de la salida de este transformador de impedancia con la entrada del amplificador se hace para el máximo de corriente, donde la línea de cavidad posee una impedancia tal que existe adaptación en potencia. El circuito de cavidad, como se observa en la figura 27, puede ajustarse por medio de un *trimmer* de capacidad comprendida entre 0,8 y 6 picofaradios.

Desde este mismo punto de acoplamiento se toma la tensión para el transistor, que es del tipo AF-139 y cuyo montaje, aparte los valores, es exactamente igual que el descrito para los circuitos anteriores.

El circuito de salida del amplificador transistorizado está también constituido por una cavidad de un cuarto de onda. Como la resistencia de salida del transistor tiene valor relativamente elevado, y la distribución de corriente y tensión no varía en la línea de transmisión, puede acoplar casi al ciento por ciento el colector del transistor al circuito.

Para que el circuito no sea tan excesivamente selectivo que perjudique la amplitud de la banda pasante del amplificador, el circuito de salida se amortigua con una resistencia.

La salida del amplificador se toma para una impedancia de 60 Ω. Claro está que por medio de un transformador adecuado se puede obtener una salida simétrica de valor de impedancia adecuado al cable empleado en la instalación.

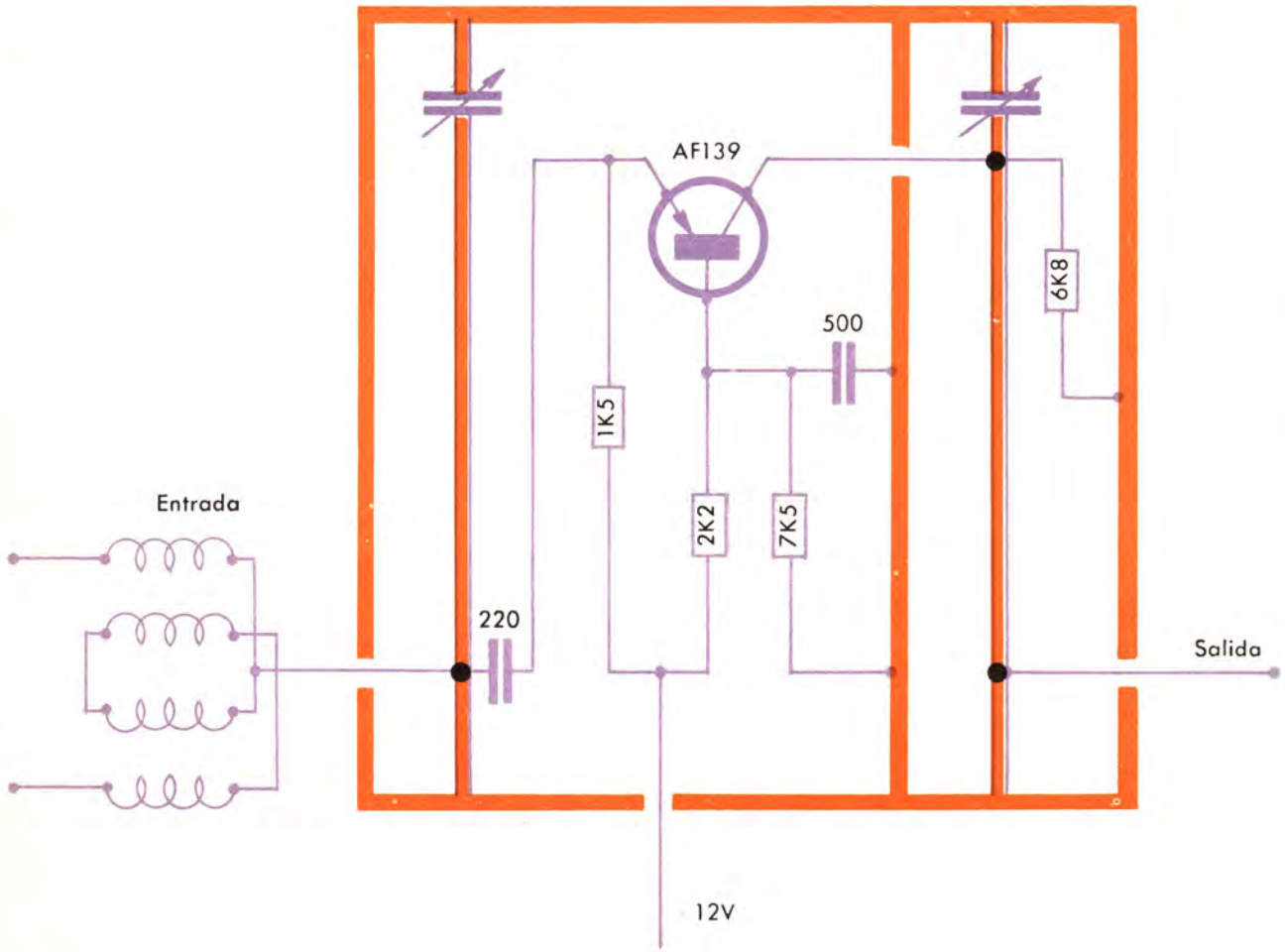


Figura 27. — Amplificador transistorizado para la banda de UHF.

Como puede deducirse de los esquemas y de la descripción de sus circuitos, los amplificadores para la banda de UHF emplean prácticamente los mismos circuitos fundamentales que los anteriormente descritos para VHF, pero con la diferencia de los circuitos de acoplamiento, siempre de cavidades resonantes, lo cual, debido a lo elevado de las frecuencias, los hace de ejecución bastante más difícil.

La ganancia que puede obtenerse con el circuito de la figura 28 es del orden de 12 a 19 decibelios, o sea de 3,9 a 2,8 veces. Con un amplificador de dos pasos como el que describimos, que prácticamente es igual al anterior pero doblado —o sea tal como hemos presentado anteriormente los de VHF—, se llega a una ganancia del orden de 18 a 20 decibelios, equivalentes a una relación de tensiones comprendida entre 7,9 y 10 veces.

Al igual que en los casos anteriores la alimentación de estos aparatos, por lo general realizada por medio de un rectificador con salida estabilizada, se efectúa con 12 voltios y con el negativo a masa.

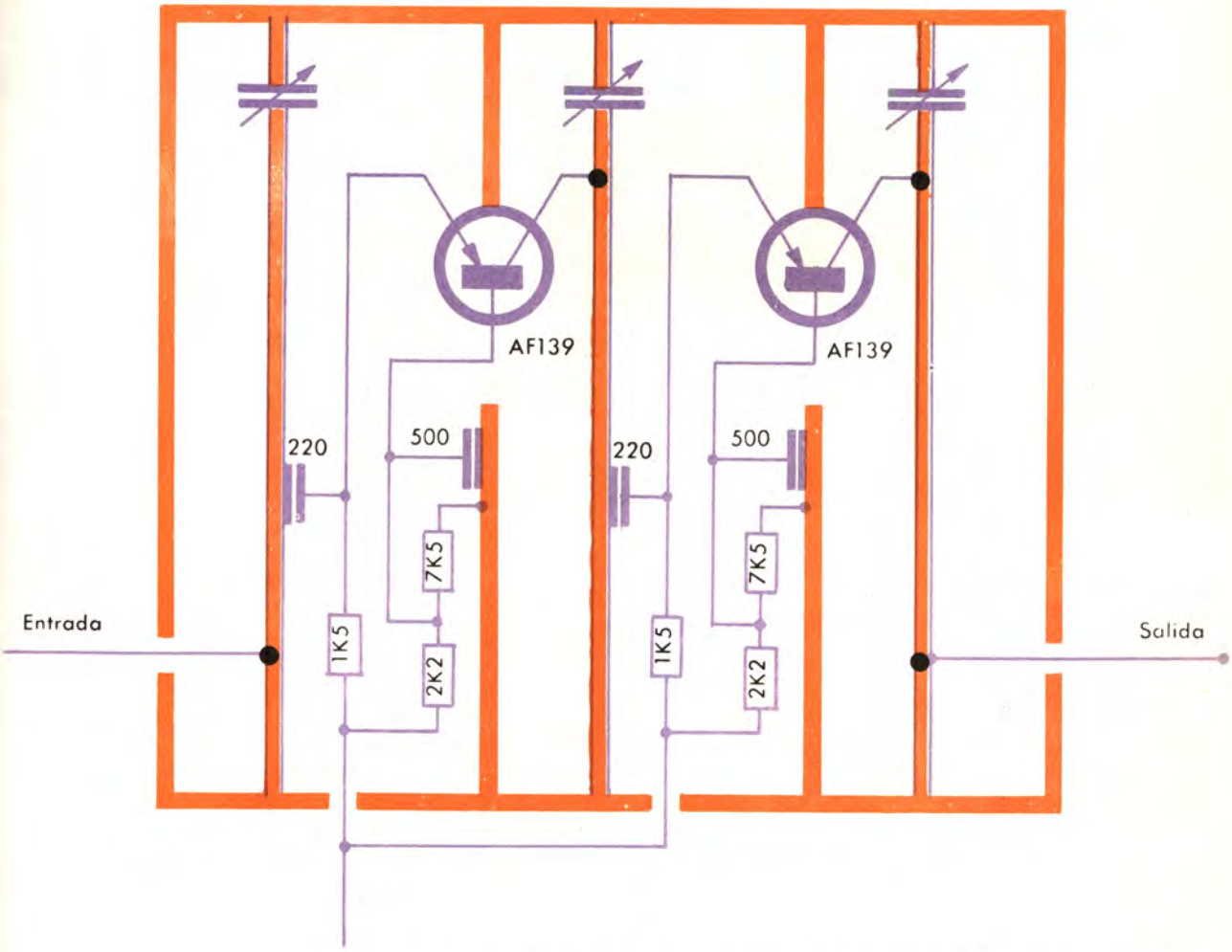


Figura 28. — Amplificador transistorizado de dos pasos para la banda de UHF.

Señalemos finalmente que, tal como se indica en las figuras, es imprescindible efectuar el montaje en cajas metálicas debidamente protegidas contra los elementos atmosféricos si se requiere su instalación en el exterior, si bien para estas frecuencias, muy poco perturbadas por los parásitos de magnitud normal, ello no se hace tan necesario, puesto que naturalmente no es tan imprescindible su colocación junto al dipolo de la antena receptora.

Con transistores especiales y circuitos adecuados se construyen amplificadores de banda ancha, que tienen la ventaja de poder emplearse para varios canales.

Como resumen a esta parte que hemos dedicado al conocimiento y estudio de los amplificadores destinados a mejorar la señal de TV ofrecemos en las siguientes figuras los detalles de algunos tipos de amplificadores en su versión comercial.

En primer lugar en las figuras 29, 30, 31 ofrecemos los detalles de unos alimentadores para amplificadores de antena, mientras que en la figura 32 representa un amplificador con válvula para el canal 31 de UHF observándose en la misma la simplicidad del circuito interno a base de circuitos de líneas resonantes.

En la figura 33 se indica un amplificador de antena del tipo transistorizado en su versión para instalación interior y además en su presentación para su correcta instalación en el mismo mástil de antena.

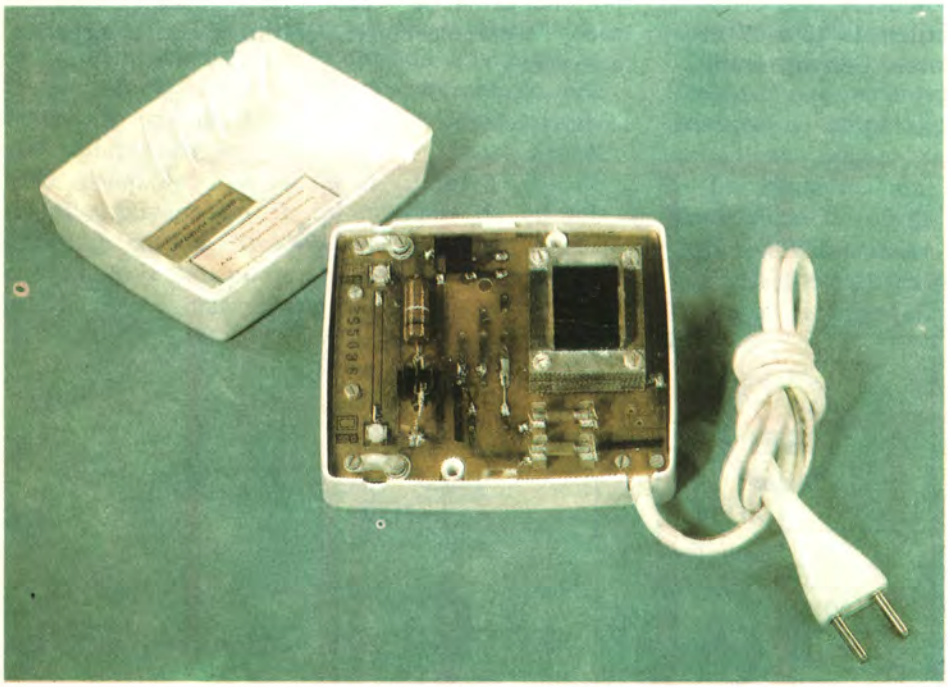


Figura 29. — Fuente de alimentación para amplificadores de antena (Inelec).

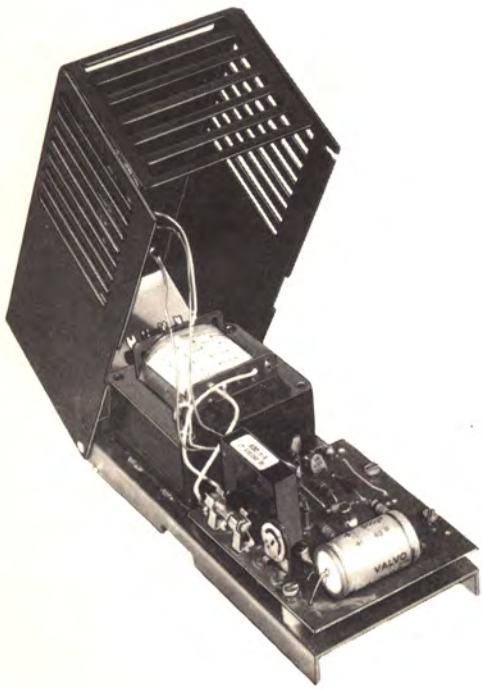


Figura 30. — Alimentador estabilizado para amplificadores de antena. Vista y detalle interior (EMMA FUBA).

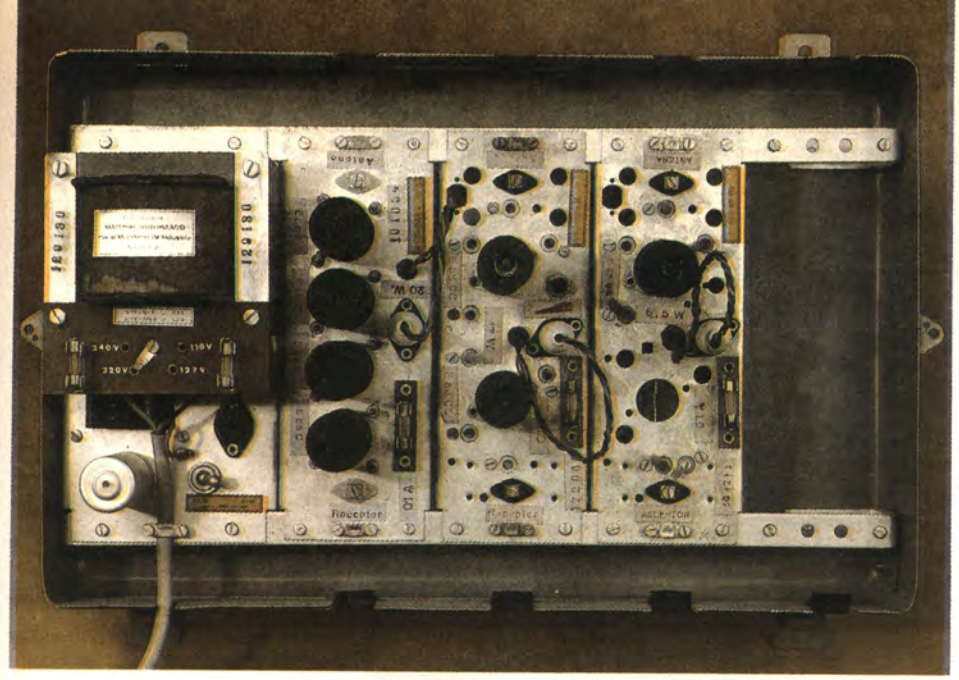


Figura 31. — Conjunto de amplificadores de antena en varios canales con el correspondiente alimentador para las tensiones de los filamentos y de los circuitos anódicos (Inelec).

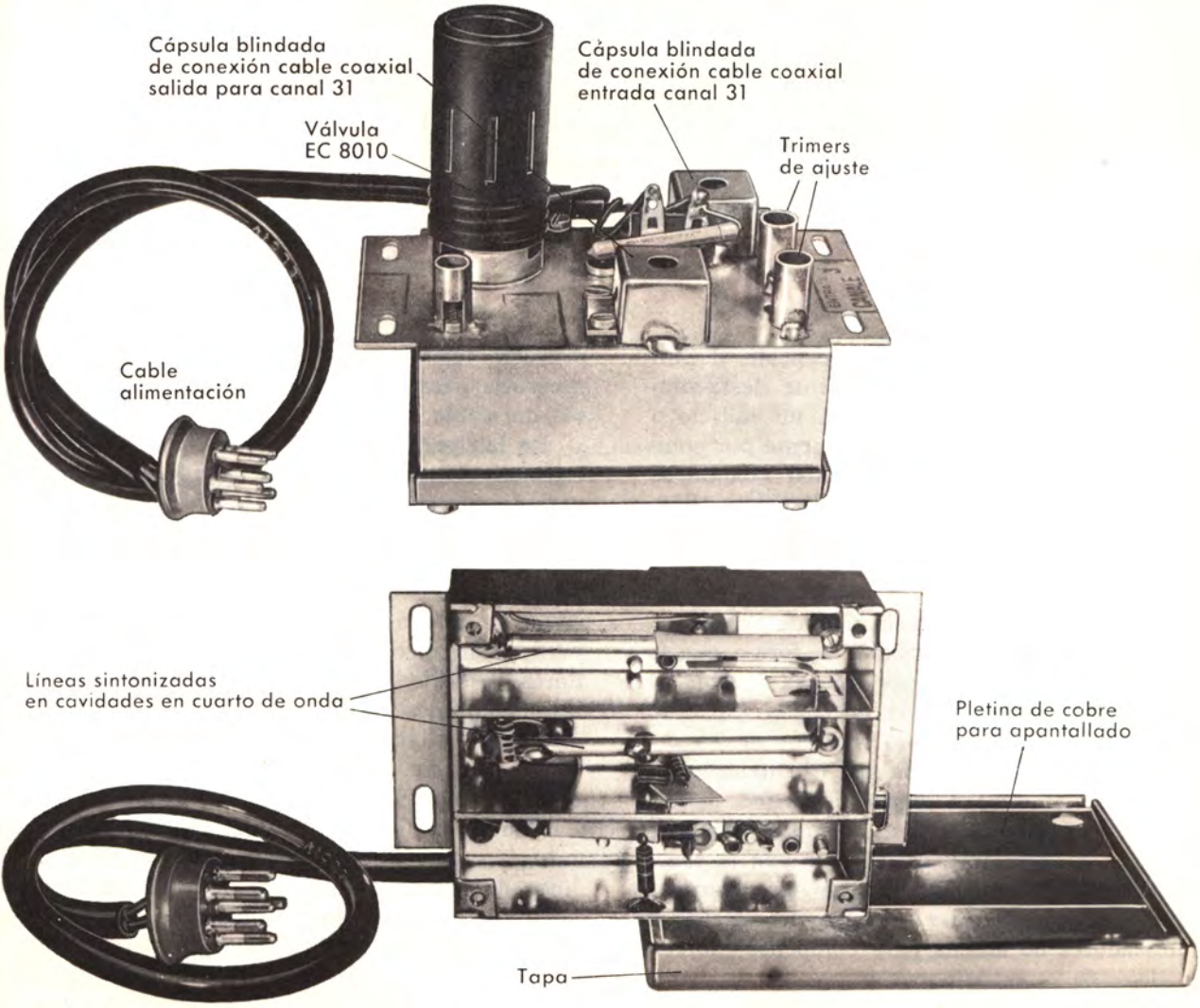


Figura 32. — Detalle de un amplificador con válvula para UHF. Vistas interior y exterior " (PAE-ELCIV).

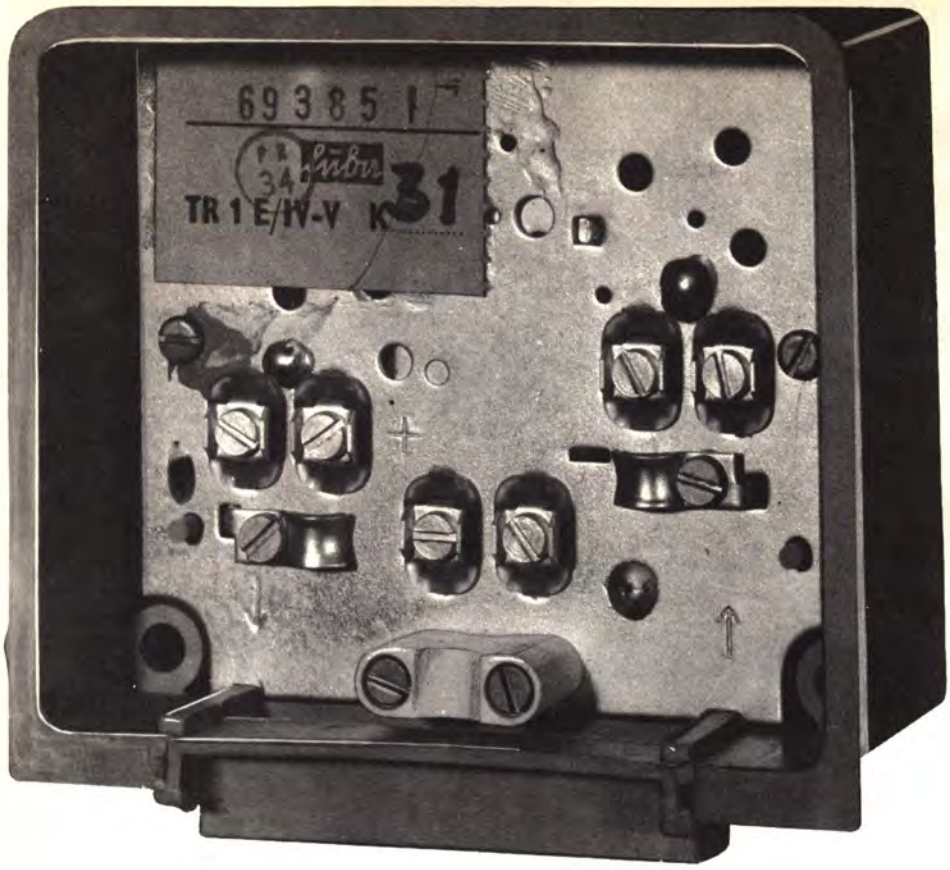


Figura 33. — Amplificador transistorizado para instalación (EMMA FUBA).

INSTALACIONES CON ANTENA ALEJADA Y RETRANSMISIONES

Cuando las condiciones de recepción de un aparato televisor son extremadamente desfavorables, porque está situado detrás de un edificio o de una montaña que tapa prácticamente por completo la señal de TV, y en particular cuando se trata de recepciones de los programas de UHF, se hace necesario recurrir al sistema de instalaciones receptoras de televisión con antena alejada.

Este sistema consiste en instalar la antena receptora en lo alto del obstáculo, de forma que la señal que recibe sea lo más intensa posible, y trasladar esta señal, por la adecuada línea de transmisión, hasta el aparato receptor de TV.

Tanto si la señal recibida por la antena no es tan intensa como para lograr suficiente magnitud en el extremo de la línea, como si debido a la longitud de ésta la pérdida hace que la señal en el extremo no sea del orden de 1000 microvoltios, se hace necesario el empleo de adecuados amplificadores de antena para compensar de forma adecuada estas deficiencias.

Los amplificadores empleados en estas circunstancias son, debido a las ventajas ya mencionadas, del tipo con transistores. La instalación se proyecta telealimentada, o sea que la corriente necesaria para el funcionamiento se manda a través del cable de antena o de línea.

En la figura 35 se ofrece un esquema de principio de una instalación de este tipo preparada para la alimentación de varios televisores.

Tal como usted conoce por el estudio de los amplificadores de antena, si en una de estas instalaciones la señal suministrada por un amplificador de antena no fuese suficiente, se puede empalmar sin inconvenientes dos o más amplificadores en serie, con tal que se tengan en cuenta las magnitudes especificadas por los fabricantes en cuanto a las señales de entrada, al objeto de no introducir saturaciones que perjudicarían enormemente el resultado de la instalación.

Cuando la distancia entre el obstáculo y el aparato receptor es tan elevada que el empleo de la línea de unión entre la antena y el televisor no sea posible por motivos económicos o de otra índole, se puede recurrir al llamado sistema de retransmisión: consiste en la conexión de dos antenas, conectadas entre sí de forma que una se orienta hacia la emisora y la otra hacia la antena situada en la proximidad del televisor.

Señal emisor

Antena en lo alto del edificio que hace la sombra

Televisor colocado en edificio dentro de la zona en sombra

Figura 34. — Instalación de antena alejada para llevar la señal TV a una zona de sombra.

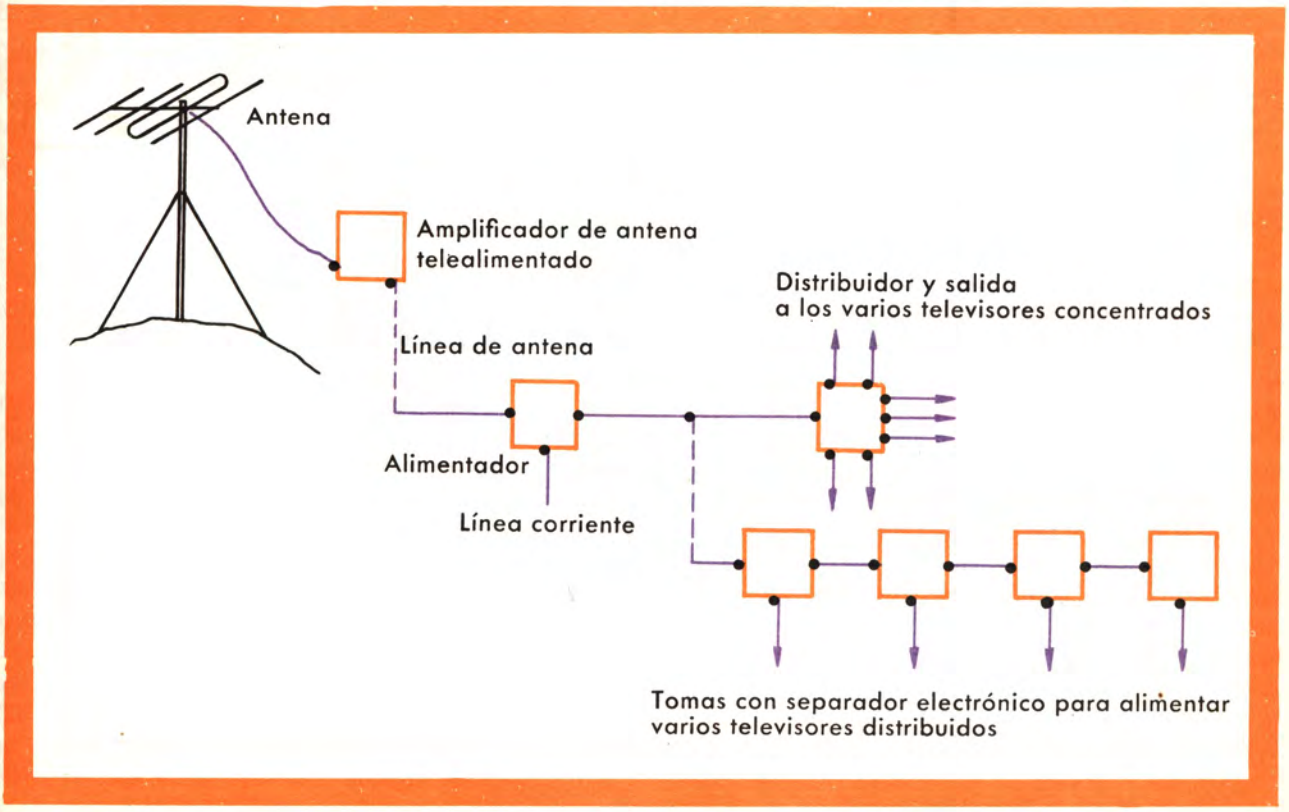


Figura 35. — Alimentación de varios televisores a través de cable con antena alejada.

A esta disposición se le llama relé pasivo. (Si entre las dos antenas se coloca un pequeño emisor de baja potencia se le llama relé activo. En realidad se trata de los conocidos retransmisores, tan extendidos en las regiones montañosas o muy alejadas de los principales transmisores de televisión.)

El sistema de relé pasivo puede ser interesante cuando la distancia entre el obstáculo y el receptor no exceda de uno o dos centenares de metros. El activo puede cubrir grandes distancias sirviendo a un gran número de receptores.

En la figura 36 aparece el esquema de principio de uno de estos relés pasivos.

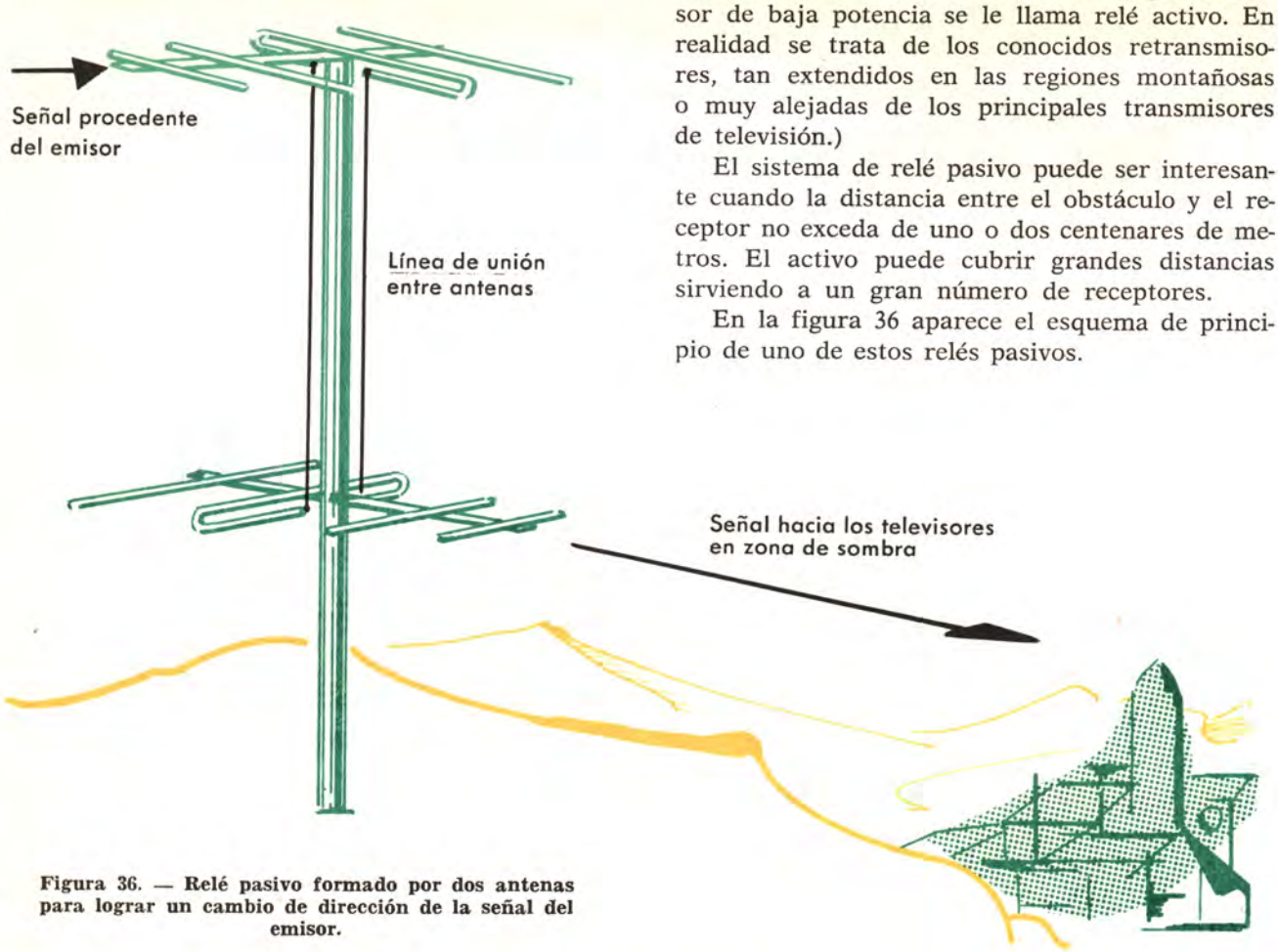


Figura 36. — Relé pasivo formado por dos antenas para lograr un cambio de dirección de la señal del emisor.

CONJUNTOS VHF - UHF Y RADIO - TELEVISION

Cuando se dispone de la suficiente señal como para recibir de forma satisfactoria los programas de televisión, puede instalarse el conjunto de las dos antenas para VHF y UHF con una línea de bajada de antena única.

Si la señal no es muy fuerte y se trata de una instalación individual, el sistema puede no ser del todo interesante debido a las mayores pérdidas de energía que se producen, a menos que se empleen cables especiales de elevado precio, y al mayor coste de la instalación; pero cuando la señal es fuerte y la línea de bajada se hace con cable apantallado, el empleo de este sistema puede resultar interesante por varios motivos, incluso por el factor estético.

La transmisión de la señal procedente de las dos antenas a través de un mismo cable se basa en el empleo de adecuados mezcladores y separadores de señal colocados en los extremos de la línea. (Fig. 37.)

Estos aparatitos son unos filtros que dejan pasar una determinada banda de transmisión e impiden el paso de las bandas de frecuencia superior o inferior a la deseada.

Para comprenderlo mejor, suponga que en cada extremo de una línea, por la cual se debe conducir una señal de frecuencia igual a 65 Mc/s, se coloca un filtro pasabajos con frecuencia de corte para 100 Mc/s. Se comprende que la señal de 65 Mc/s continúa llegando al receptor, con la única diferencia de estar ligeramente más atenuada debido a las pérdidas que origina el filtro incorporado.

Si a los extremos de la línea en cuestión se conecta un generador que dé una señal de 200 Mc/s se crearán inconvenientes, debido a que la señal captada puede derivar hacia dicho generador, y en el caso de alcanzar el otro extremo no podría llegar al receptor debido a la imposibilidad de atravesar el filtro pasabajos.

Para evitar este inconveniente, normalmente se emplean las dos bajadas independientes; pero también puede soslayarse el problema introduciendo en el circuito otros dos filtros para la misma frecuencia de corte que ya hemos indicado antes, pero pasaaltos en vez de pasabajos, de lo cual resulta el esquema de la figura 34, en la que se observa que tanto los generadores como los receptores quedan aislados entre sí, mientras que la línea se emplea indistintamente por las dos tensiones a conducir de un extremo a otro de la línea.

Las figuras 38 a 41 muestran los esquemas orientativos de dos mezcladores y otros dos separadores en los casos que la impedancia de la línea sea de 300 o de 75 Ω.

Digamos finalmente que, de la misma forma que en radio se separan la corriente alterna y la continua que circulan a través de un hilo, en este caso, pero con el empleo de los filtros adecuados, pueden introducirse y separarse varias frecuencias en una línea de transmisión.

Comprendida la forma como se hace la mezcla y separación de dos frecuencias, es evidente que con varios dispositivos de este tipo no solamente se puede mezclar y separar las señales de televisión, sino que también puede hacerse entre la radio y la televisión, puesto que las señales que se transmiten para cada una son de frecuencias diferentes. No se puede olvidar que cuanto más próximas sean las frecuencias a separar tanto más precisa y delicada es la construcción del dispositivo adecuado para conseguir la correcta función.

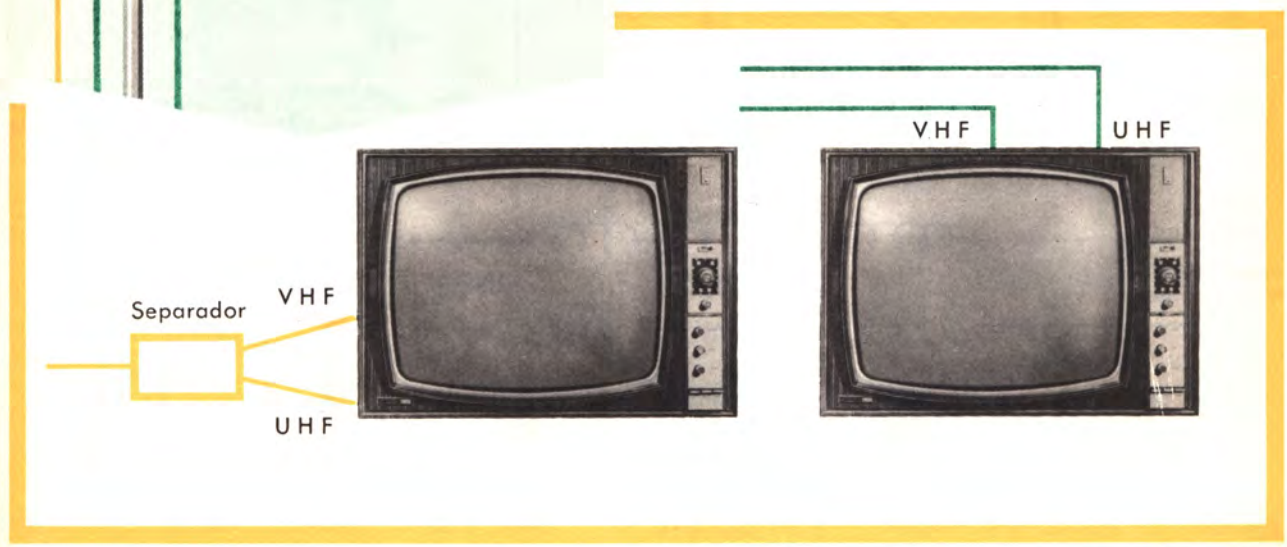


Figura 37. — Ejemplos de instalación de un conjunto VHF/UHF con bajadas independientes y con bajada única.

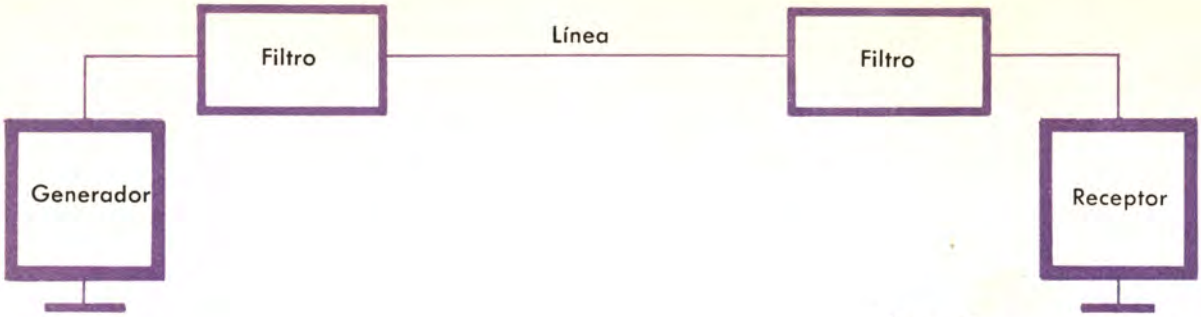


Figura 38.

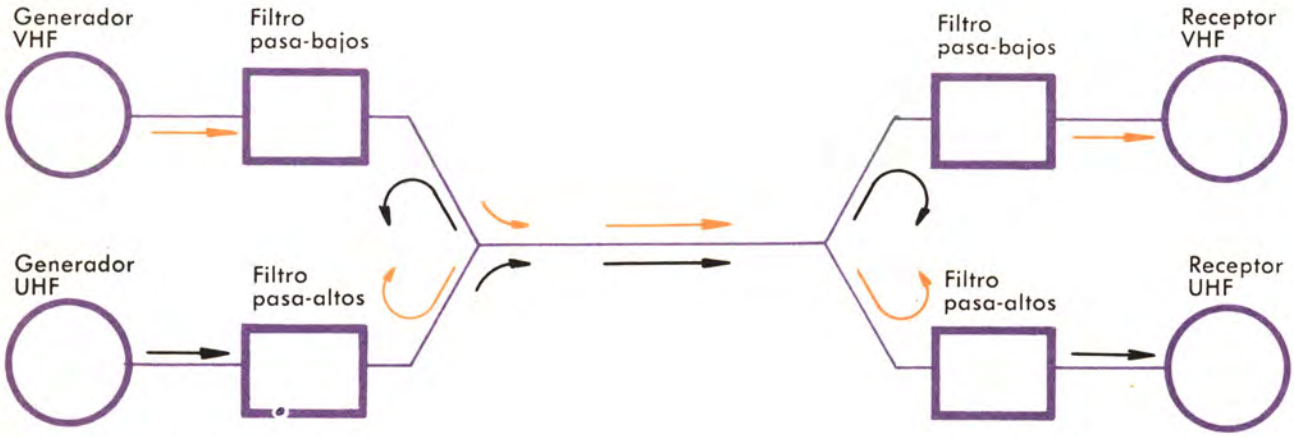


Figura 39. — Disposición de los filtros para transmitir a través de un mismo cable las señales de VHF y UHF.

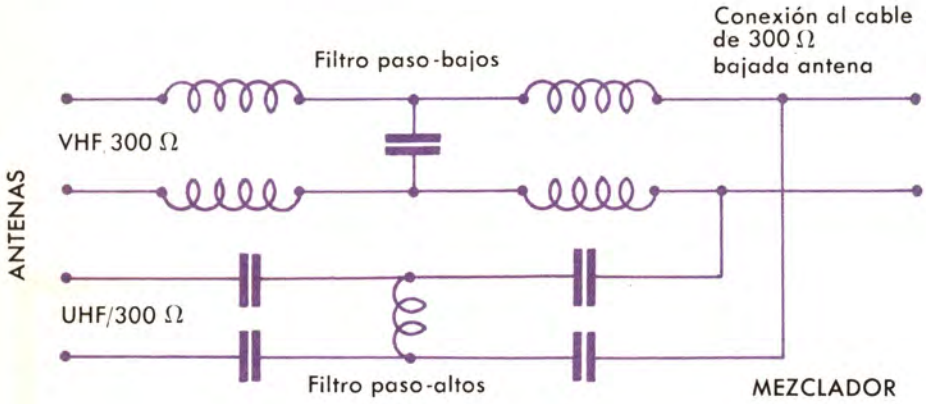


Figura 40. — Mezclador de señales para VHF/UHF con cable de 300.

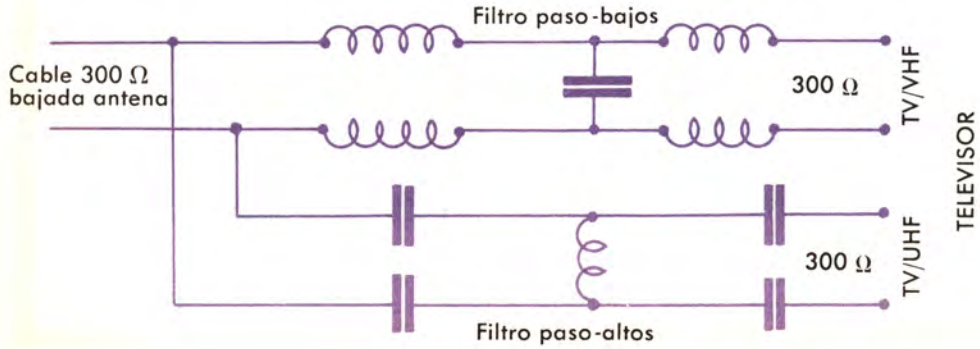


Figura 41. — Separador de señales para VHF/UHF con cable de 300.

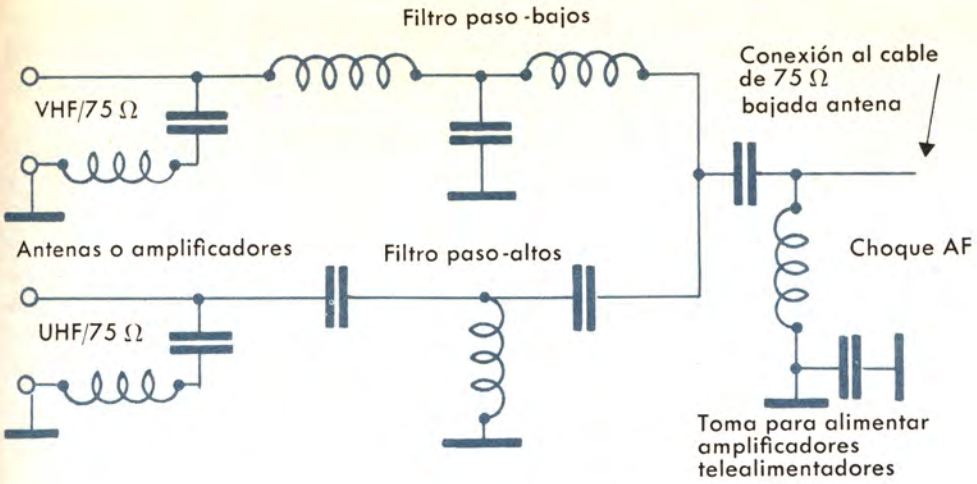


Figura 42. — Mezclador de señales para VHF/UHF con cable de 75.

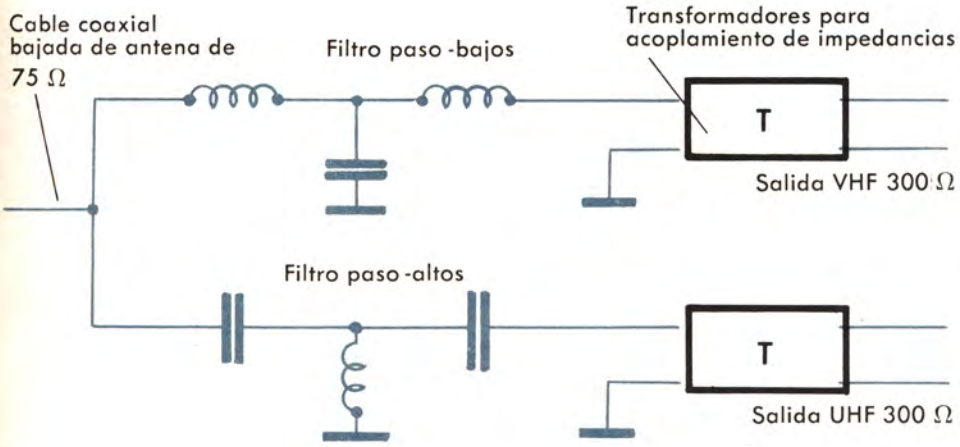


Figura 43. — Separador de señales para VHF/UHF con entrada coaxial a 75 y salida bifilar para 300.

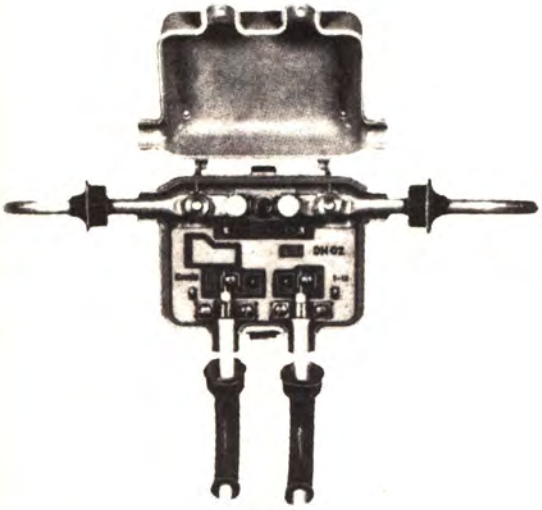


Figura 44. — Detalle de un mezclador para antena individual para línea de bajada de 300 Ω (TAGRA WISI).

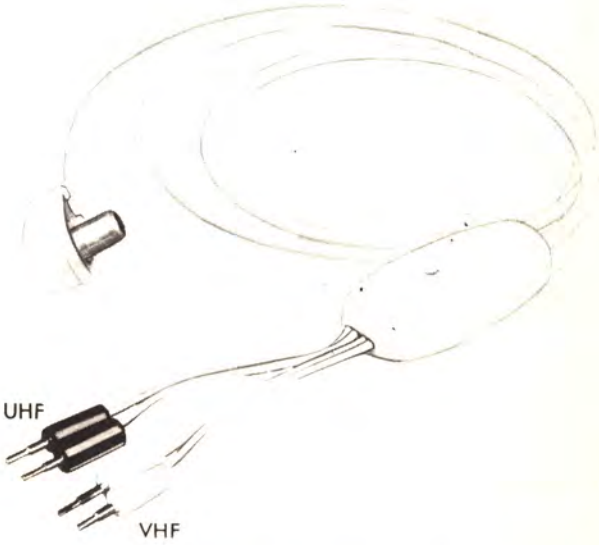


Figura 45. — Separadores de señal para VHF/UHF, uno para línea de 300 Ω y otro para línea de 60 Ω (Inelec).

Para cubrir estas necesidades se construyen mezcladores con las siguientes bandas de entrada:

RADIO

Radio	50 Kc/s a 22 Mc/s
FM.	87 Mc/s a 100 Mc/s

TELEVISIÓN

VHF (Banda I)	47 Mc/s a 68 Mc/s
VHF (Banda III)	174 Mc/s a 225 Mc/s
UHF (Banda IV-V) . . .	470 Mc/s a 853 Mc/s

O sea, para una gama tan amplia como la comprendida entre 50 Kc/s y 900 Mc/s, con atenuaciones de paso del orden de 1 decibelio para radio, FM y VHF y de unos 2 decibelios para las bandas de UHF.

Al final de la línea de antena se hace una primera separación entre las frecuencias de radio y las de televisión, las cuales a su vez se separan en Radio-FM y los programas en VHF y UHF.

Vea en la figura 46 el esquema de una instalación de este tipo. Se indican además los correspondientes amplificadores de antena que pudiera ser necesario introducir para una mejor disponibilidad de señales.

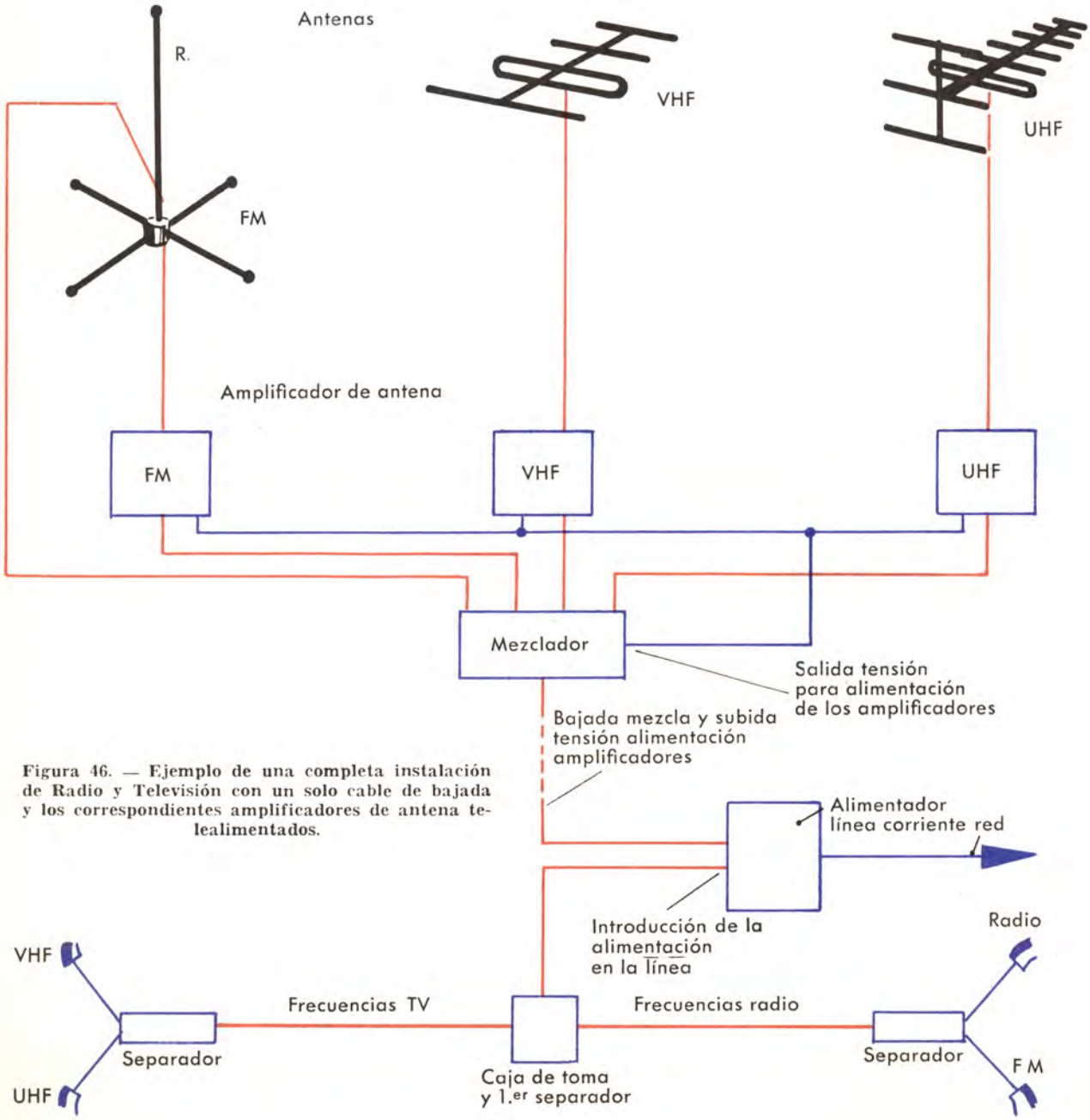


Figura 46. — Ejemplo de una completa instalación de Radio y Televisión con un solo cable de bajada y los correspondientes amplificadores de antena telealimentados.

ATENUADORES

En determinadas circunstancias se hace necesario el empleo de un amplificador para aumentar la señal de TV; pero en algunos casos particulares se hace necesario reducir la magnitud de la señal, ya que tampoco se obtienen buenos resultados dando al receptor un exceso de señal, pues pueden presentarse problemas de bloqueo de imagen.

Los atenuadores, como su denominación indica, son dispositivos que atenúan la señal para reducir su magnitud. Deben poseer, como todos los demás componentes, una impedancia de entrada y salida de valor adecuado al cable que se les conecta.

Por lo general se emplean circuitos en π simétrica para cables de 240 Ω y asimétrica para los de 60 ó 75 Ω de impedancia.

En la figura 47 se da el esquema para un par de estos atenuadores. Los valores de las resistencias antiinductivas se determinan por medio de las siguientes relaciones:

$$Rp = Z \frac{n+1}{n-1}$$

$$Rs = \frac{Z}{4} \left(n - \frac{1}{n}\right)$$

Rp es la resistencia en derivación; Rs, la que se debe colocar en serie; Z, la impedancia de entrada y salida, y *n*, el factor de atenuación de la tensión de alta frecuencia.

En la tabla IV se indican los valores de Rp y Rs para valores de impedancia de 240 y 60 Ω para varias relaciones de tensión o magnitudes de atenuación indicadas en decibelios.

Ejemplo. Calcular los valores de un atenuador simétrico para línea de 300 Ω, de forma que la señal se reduzca en 1:5. Tendremos:

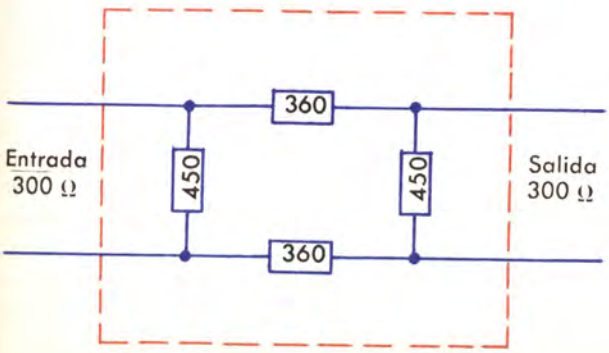


Figura 48.

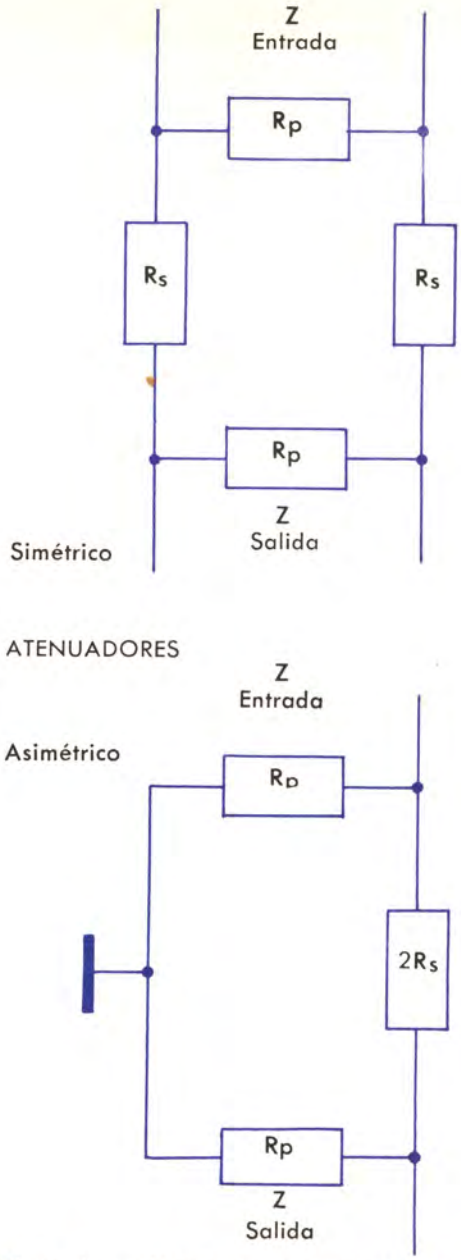


Figura 47. — Circuito correspondiente a los atenuadores empleados para debilitar la señal de TV.

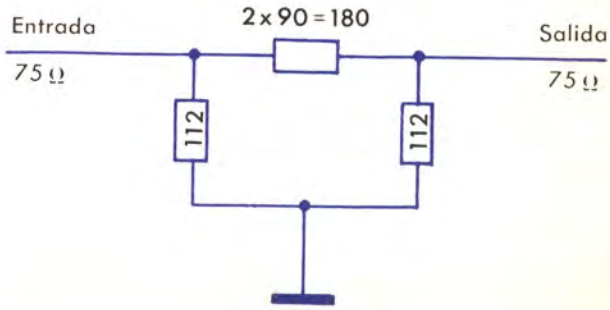


Figura 49.

$$Rp = 300 \frac{6}{4} = \frac{1800}{4} = 450\ \Omega$$

$$Rs = \frac{300}{4} \left(5 - \frac{1}{5}\right) =$$

$$= 75 \times 4{,}8 = 360\ \Omega$$

La composición del atenuador se muestra en la figura 48.

Si en vez de ser para una línea de 300 Ω debe conectarse en serie con un cable coaxial de 75 Ω, los valores del atenuador asimétrico son:

$$Rp = 75 \frac{6}{4} = \frac{450}{4} = 112\ \Omega$$

$$Rs = \frac{75}{4} \left(5 - \frac{1}{5}\right) =$$

$$= 18{,}75 \times 4{,}8 = 90\ \Omega$$

La composición es la que indica la figura 49.

TABLA IV

Relación de tensiones	Atenuación en decibelios	Atenuador simétrico de 240 Ω		Atenuador asimétrico de 60 Ω	
		R_p	R_s	R_p	R_s
1:2	6	720	90	180	45
1:5	14	360	290	90	145
1:10	20	290	600	72	300
1:20	34	260	1.200	65	600
1:100	40	240	6.000	60	3.000

INTERFERENCIAS

Las interferencias perjudican notablemente la imagen de los aparatos de televisión.

Las manifestaciones más frecuentes de estos perjudiciales efectos se presentan corrientemente sobre la pantalla en las siguientes formas: puntos luminosos a lo largo y ancho de la pantalla; rayados horizontales generalmente no estáticos; franjas con mayor o menor presencia de ondulaciones; pérdida de sincronismo vertical debido a disturbios. (Se presenta el efecto llamado *persiana*; incluso, si son muy intensos, pueden llegar a hacer perder los sincronismos tanto vertical como horizontal.)

Por lo general —y aparte de que se debe tener este problema muy presente siempre que se actúe en televisión— la mejor forma de eliminarlos es influir en la causa que los produce, pues en bastantes ocasiones se puede localizar la fuente causante del disturbio.

En la práctica se encuentran causas tan simples como una lámpara que no hace buen contacto, un interruptor que chisporrotea, o la cámara frigorífica de una tienda —que puede estar al final de la calle—, cuyo relé de conexión automática tiene tan estropeados los contactos que cuando funciona en ningún hogar que se alimente de las mismas fases de la red se puede ver la televisión.

Estos disturbios son muy difíciles de evitar a menos que se elimine su causa; pero en los de otro tipo, en general debidos a tales causas como las interferencias debidas a ondas de radio, sí es posible hacer algo para eliminarlos o siquiera disminuirlos.

El mayor o menor éxito depende casi siempre de la banda del disturbio: una frecuencia bien definida puede eliminarse con facilidad, pero eliminar una gama de frecuencias es mucho más difícil.

Veamos la forma de eliminar o aminorar los disturbios de este género. Los factores que originan otros son tan variables que es prácticamente imposible poder dar una regla concreta.

Una vez exista certidumbre de que la interferencia es provocada por una onda que llega a la antena, la revisaremos para conocer su tipo, puesto que es más o menos direccional según cuáles sean sus elementos y cómo están dispuestos.

Vista la antena, se averigua la dirección de donde llega el disturbio, para lo cual se afloja su fijación y se hace girar de forma que, sin preocuparse en lo más mínimo de la señal de TV, se obtenga la máxima recepción posible de la señal perturbadora.

Si la perturbación llegase en la misma dirección que la señal de TV, tan sólo cabe variar su inclinación con respecto a la horizontal. Si llegase lateralmente se podría intentar aumentar la directividad de la antena añadiendo elementos directores. Si la señal llega por la parte posterior lo oportuno es aumentar el número de elementos reflectores para así aumentar la relación delante/detrás.

Si con las anteriores operaciones no se logra ninguna mejora apreciable en la calidad de la imagen recibida, puede probarse a colocar un circuito oscilante en los bornes de entrada de la señal de antena al televisor.

Este sistema es fácil si se trata de una frecuencia definida y de valor conocido, cosas ambas que por lo general se desconocen por completo en la práctica; pero si así fuese queda el recurso de efectuar algunos tanteos con varios valores.

Como sabe, un cable se comporta como si fuese un circuito oscilante y tiene una frecuencia propia de resonancia, fijada por sus características de capacidad y autoinducción, uniformemente repartidas, tanto si tiene el extremo opuesto abierto como cerrado.

Su longitud eléctrica de oscilación es la de un cuarto de la onda a eliminar. En la práctica esta magnitud debe multiplicarse por un factor para obtener la magnitud física: factor de 0,65 para los cables coaxiales y 0,80 para los cables bifilares no apantallados.

Este cable se conecta en los bornes de antena del televisor, en paralelo con la bajada de antena, teniendo en cuenta que ambos deben tener iguales características (fig. 50).

Si con el cable conectado se encuentra una pequeña mejora, deben ensayarse longitudes ligeramente diferentes, actuando en un sentido u otro según el resultado que se obtenga.

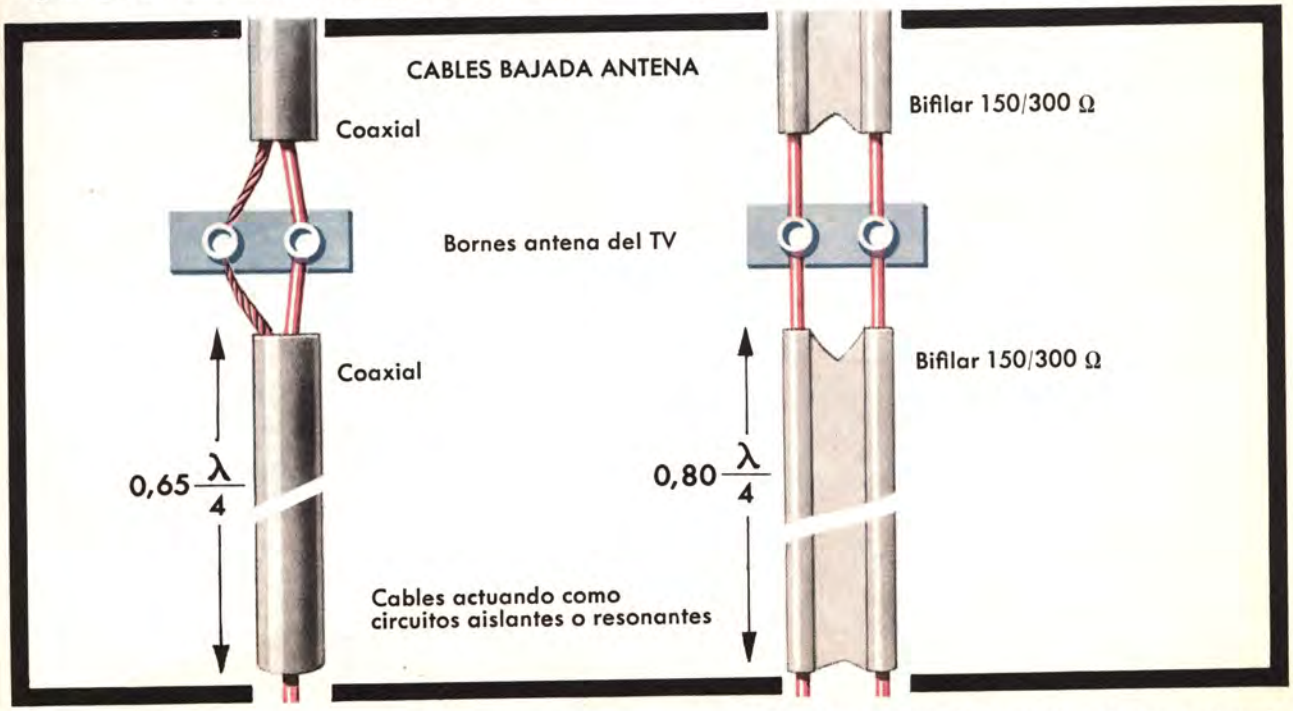


Figura 50. — Conexión de trozos de cable en los bornes del televisor para que, actuando como circuitos resonantes, reduzcan la interferencia debida a una frecuencia extraña.

INSTALACION DE LAS ANTENAS DE TELEVISION

Por más que la antena sea la pieza clave de una instalación de televisión, el público en general se preocupa mucho al escoger el receptor, pero no se preocupa lo más mínimo de la instalación de la antena.

La instalación de una antena de televisión presenta problemas muy distintos y mucho más complejos que los habituales en las instalaciones para radio.

Son muchas las instalaciones, tanto colectivas como individuales, que adolecen de serios defectos que perjudican la buena reproducción de la imagen.

En raras ocasiones pueden ser irresolubles técnicamente estos inconvenientes, pero en la mayoría de los casos quedan pendientes de solución, sea por motivos económicos o por falta de un criterio más adecuado en el momento de instalarse la antena.

En la ciudad los mayores inconvenientes residen en los parásitos y en las imágenes fantasma (segunda imagen más tenue desplazada hacia la derecha), mientras que en las zonas rurales el peor enemigo es la falta de señal suficiente para la perfecta visión de la imagen (fig. 51).

Las imágenes fantasma se producen por fenómenos de reflexión, que dan lugar a la formación de ondas indirectas que al llegar con retardo a la antena receptora producen una segunda imagen más tenue, o menos contrastada y desplazada, que la debida a la onda fundamental, que por ser más enérgica aparece más contrastada.

Teniendo en cuenta el cuidado que debe ponerse tanto en la elección de la antena como en su instalación, pues de ello dependen en gran manera los resultados que se obtengan, veamos los principales factores para la instalación de la antena, puesto que ya hemos hablado sobre qué tipo de antena puede ser más adecuado para cada lugar en particular.

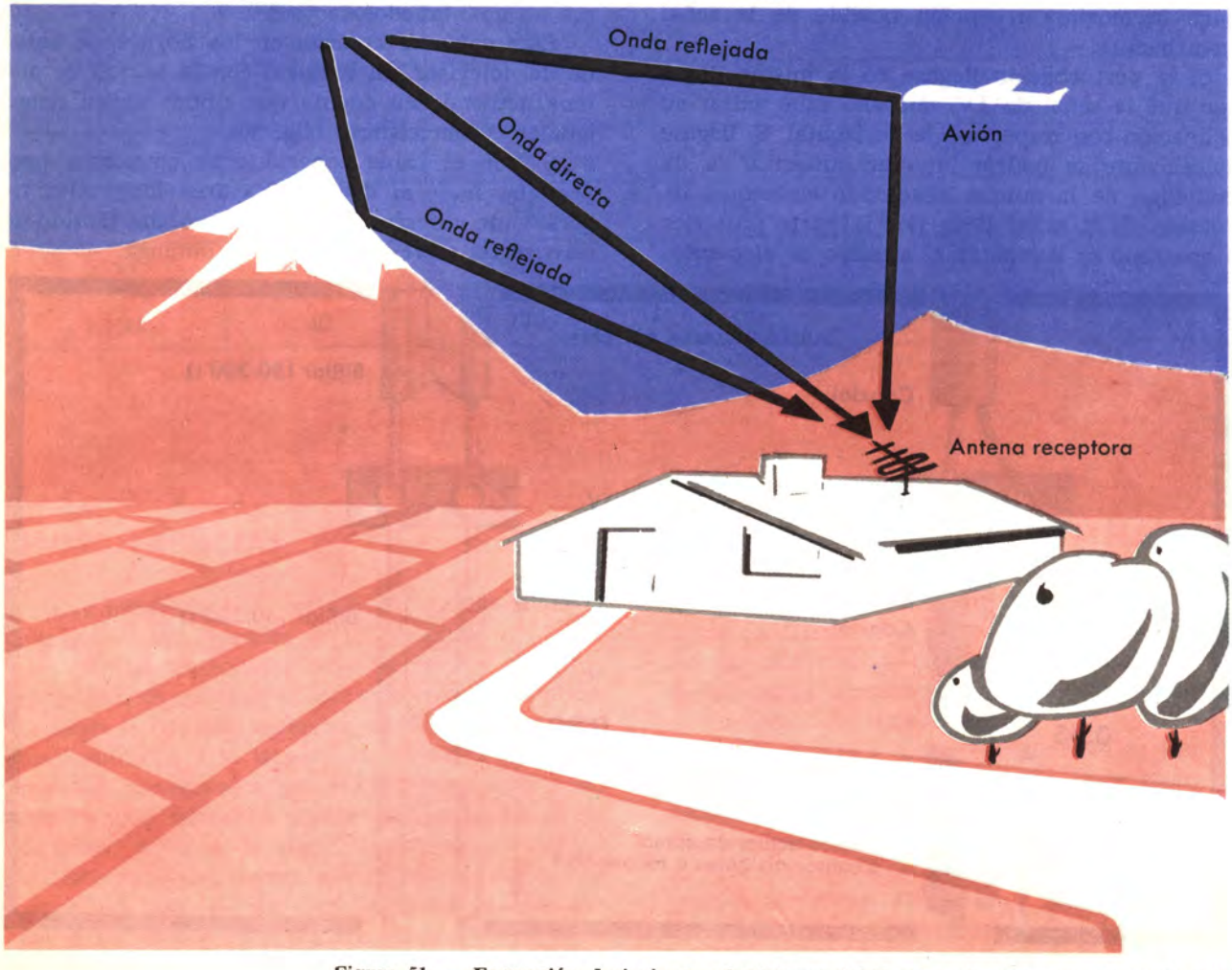


Figura 51. — Formación de imágenes fantasmas debidas a reflexiones en obstáculos fijos o móviles.

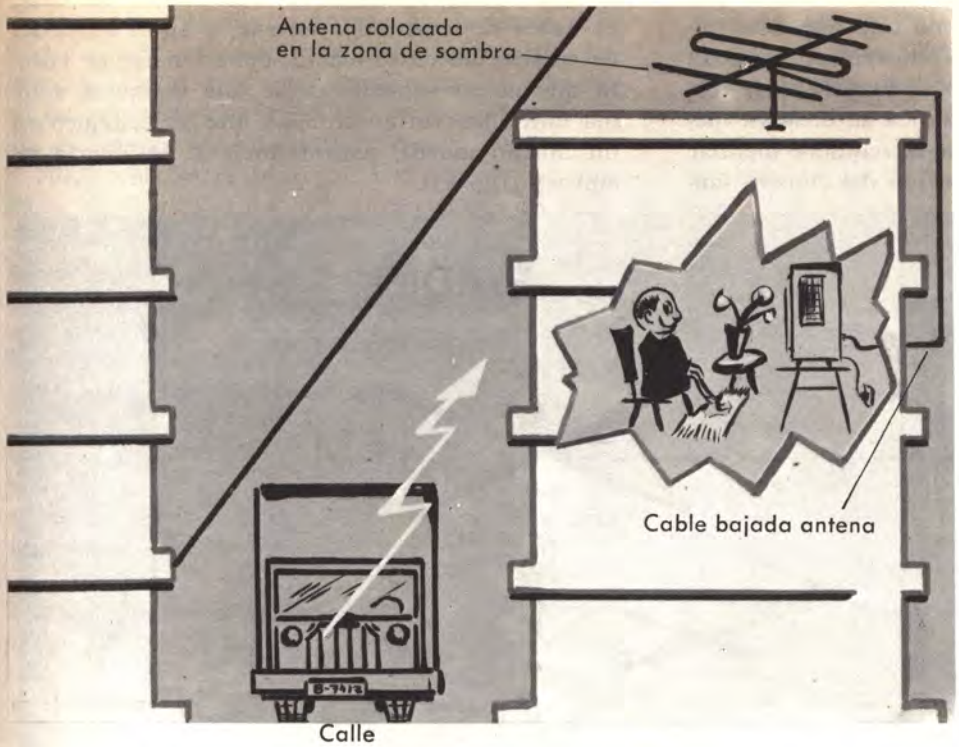


Figura 52. — Protección de la antena y bajada contra los disturbios callejeros debidos a la chispa de los motores de explosión.

Igual que como sucede en radio, la antena de televisión debe colocarse lo más elevada posible pues así crece la magnitud de la señal captada y disminuye el efecto perjudicial que pueden causar los disturbios.

Cuando la instalación en la parte más elevada del edificio ofrezca dificultades, se procurará colocarla en alguna terraza o ventana que ofrezca buenas ventajas. Conviene recordar que siempre se está en relación con la magnitud de la señal disponible. Incluso siendo posible instalarla en un tejado, su situación no es indiferente a menos que se sepa, por haberlo comprobado, que la intensidad de campo disponible es uniforme. Téngase presente que cuanto menos cable se emplee menor atenuación causa éste en la señal captada por la antena, y menor también resulta la magnitud de los disturbios que puede captar la línea si se emplea cable no apantallado.

Para confirmar este particular basta con instalar una antena en la terraza de un tercer piso e ir observando un mismo televisor en cada una de las plantas con solamente el cable necesario para el descenso. Se observa, quizá con sorpresa, que la visión resulta mucho mejor en la planta superior que en la inferior; incluso se nota una diferencia en la captación de disturbios procedentes de vehículos motorizados si el cable que se emplea para el ensayo no es apantallado.

En cuanto a los disturbios causados muchas veces por la chispa de los motores de combustión interna, es de gran importancia que la antena esté lo más alejada posible de la calle —como si dijéramos escondida para que no puedan verla los peatones—; y como es lógico se hará lo mismo con la línea de bajada, pues ésta, si no está apantallada, actúa como antena (fig. 52).

Si en el tejado o azotea donde deba instalarse la nueva antena ya hay otras el problema es más complicado, pues por lo general no se puede escoger el mejor sitio, puesto que deben tenerse en cuenta las influencias que pueden existir entre unas antenas y otras.

Dos antenas se influyen mutuamente a distancias de 5 a 10 longitudes de onda, o sea para separaciones menores de 7 a 15 metros, para los programas en VHF. En UHF la influencia es mucho menor incluso para separaciones muy pequeñas, debido a su frecuencia elevada.

También es preciso considerar la zona de sombra propia de cada antena, por lo que en general se procurará no instalar una antena detrás de otra, a menos que la posterior se halle a mayor altura.

Una vez elegido el lugar más idóneo para instalar la antena se procede a efectuar los trabajos necesarios para la sujeción del mástil y de los alambres de fijación para evitar que oscile por causa del viento.

Paralelamente se procederá a fijar la antena en el mástil y a conectarle el cable, de impedancia adecuada al valor de la antena. El cable se acopla

al mástil por medio de unos aisladores adecuados.

Antes de levantar la antena hay que determinar su orientación adecuada en sentido vertical, puesto que, en general, no es la horizontal la forma más adecuada. En la práctica se observa que para el máximo de recepción se requiere inclinar la antena unos 20° en la dirección del emisor, tanto para los programas en VHF como en UHF.

Antes de levantar la antena, y en el momento de su fijación en el mástil, debe tenerse en cuenta que es conveniente dejar una distancia mínima entre las varias antenas que se coloquen en un mismo mástil, para reducir la influencia recíproca (fig. 53).

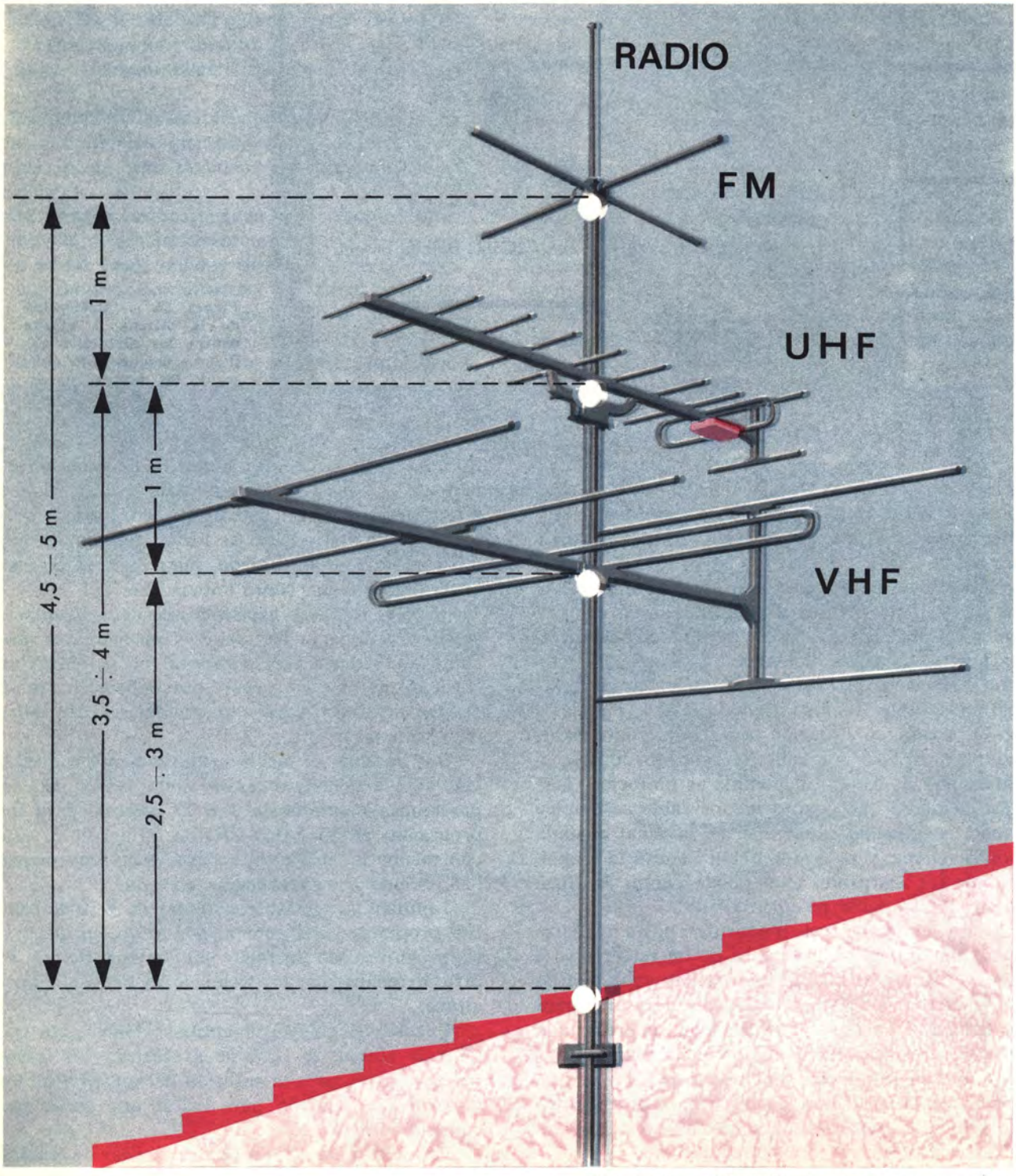


Figura 53. — Colocación de varias antenas en un mismo mástil.

Una vez colocada la antena en su lugar definitivo se procede a su orientación en sentido horizontal, factor éste muy importante para lograr el mayor rendimiento de ella, y más si se trata de un tipo de elevada directividad.

Para ello se emplea preferentemente un medidor de campo, aunque también puede realizarse observando la variación de contraste en la imagen del televisor. Recordamos para este objeto el empleo, ya indicado anteriormente, de una célula LDR colocada delante del televisor, con la habitación poco iluminada y conectada a un adecuado medidor de resistencias.

Con la antena bien sujeta y el cable listo para conducirlo hasta el lugar donde se encuentre el aparato televisor, solamente resta pensar en la toma de tierra y la protección contra descargas atmosféricas.

Es necesario disponer de una buena toma de tierra donde conectar el mástil, y además para dotar al cable de bajada de adecuados descargadores que protegen la instalación contra las posibles descargas atmosféricas en días de tormenta. Además, la toma de tierra es imprescindible para conectar la pantalla de los cables de bajada de antena del tipo apantallado.

Si no se dispone de una buena toma de tierra puede emplearse una tubería de agua como sustitutivo, pero en ningún caso se tomará una tubería de gas.

Cuando para la línea de bajada se emplea cable bifilar no apantallado se fija, tanto a lo largo del mástil como junto a las paredes, retorciéndolo ligeramente sobre sí mismo, de forma que la posición relativa de los dos conductores se mantenga lo más constante posible con relación a las superficies próximas.

Si en la instalación interviene más de un cable se cuidará que la separación entre ambos no sea menor de cinco o diez centímetros si no llevan pantalla, para reducir posibles influencias recíprocas.

La línea de bajada se fija directamente a las paredes con grapas adecuadas, si se trata de cable apantallado. Para el cable simple se emplean aisladores especiales de forma que el cable esté separado unos diez centímetros de las superficies próximas.

Se procurará que las curvas tengan un radio mínimo de quince a veinte centímetros para no perjudicar al material aislante. Si se fuerzan mucho se somete el material a un alargamiento constante; y como está sometido a las influencias climatológicas envejece prematuramente.

Para prolongar en lo posible la duración del material aislante se debe procurar, siempre que no sea perjudicial por motivos técnicos, que el cable descienda por lugares no directamente expuestos al sol y al viento.

En el interior de las viviendas, para evitar efectos poco estéticos, se emplean aisladores que sólo separan unos dos centímetros el cable de las paredes. Se utilizan cables de color claro; para el exterior son mejores los colores oscuros, en particular el negro, por su mayor resistencia a la intemperie, muy acusadamente en el caso de aislamientos a base de politeno, como en el caso de la pletina normal de 300 Ω.

Por los mismos motivos indicados antes, el cable debe estar por lo menos a quince o veinte centímetros de las conducciones metálicas, como tuberías, líneas de corriente, etc.

Cuando la línea llegue hasta el televisor se preparan las conexiones necesarias. Es recomendable utilizar bananas con fijación por tornillo, y de diferente color para cada canal si se trata de cables bifilares; o colocar un adaptador de impedancias o separador, según el tipo de instalación, si se trata de cable coaxial.

Ahora sólo falta efectuar la prueba práctica de funcionamiento, una vez revisada la instalación, asegurándose de que cada toma se ha conectado en el canal correspondiente.

En estos momentos de funcionamiento ya se aprecia la existencia de algún defecto en la instalación; mas es de esperar que no exista si se ha tenido bien en cuenta todo lo indicado anteriormente.

DIFERENCIAS ENTRE LA INSTALACION DE ANTENAS DE VHF Y UHF

La frecuencia mucho más elevada de los canales de UHF en relación con los de VHF da lugar a ciertas diferencias, en cuanto a la instalación de los correspondientes elementos, que es conveniente conocer.

En lo que se refiere a la propagación, en UHF las zonas de sombra son muchísimo más difíciles de solventar a menos que se tomen procedimientos extras; las variaciones o vibraciones del mástil dan lugar a fluctuaciones de intensidad en la pantalla, y la recepción prácticamente no está afectada por los disturbios.

La tensión mínima en las tomas debe ser del orden del doble de la requerida para la banda de VHF.

Las antenas deben ser de tres a cuatro veces mayores en número de elementos, ya que, debido a las reducidas dimensiones del dipolo de UHF, la tensión inducida es menor. Como contrapartida, y debido al mayor número de elementos, las antenas son mucho más directivas.

No se puede colocar el mástil de una antena de UHF entre sus elementos activos, puesto que en caso contrario la antena pierde sus características de sintonía.

Debe tenerse en cuenta que a igualdad de cable la atenuación en UHF es mucho mayor que en VHF. Las diferencias son evidentemente mayores en los cables no apantallados que en los apantallados.

Los cables bifilares del tipo de cinta plana no pueden emplearse en UHF: al inicio pueden dar buen resultado, pero luego no, debido a la suciedad que se deposita en su superficie.

LAS ANTENAS COLECTIVAS

Causa verdadera pena ver edificios para viviendas cuyos áticos, tejados o azoteas están convertidos en un espeso bosque de mástiles y hierros anárquicamente colocados, unos derechos, otros torcidos, altos, bajos, separados o juntos, a veces bien sujetos y otras no tanto; y más aún si se piensa que todo ello se solventaría con la instalación de una antena colectiva. Todas las partes interesadas se beneficiarían, ya que los usuarios conseguirían mejor recepción y ahorrarían discusiones; el propietario saldría ganando en la conservación del edificio, puesto que no le causan ningún beneficio tantos hierros con los correspondientes agujeros, clavos, etc., y la municipalidad ganaría en estética y seguridad para todos los ciudadanos.

Lo anterior debiera bastar para decidir la instalación de una antena colectiva con las debidas garantías de perfecto funcionamiento y mantenimiento.

En los edificios donde hay varios usuarios, la antena colectiva es la solución más económica al problema de la instalación de la antena de televisión.

Además, la instalación tiene la ventaja de que lleva a cada domicilio no solamente la señal de televisión, sino también la de frecuencia modulada y radio, en todas sus gamas de onda larga, media y corta.

En relación con los bosques de antenas existentes, la primera ventaja es que con una sola antena es suficiente.

Además, se puede elegir el mejor y más adecuado emplazamiento para esa única antena, alejándola de posibles fuentes de disturbios o de elementos perjudiciales a la instalación.

Todas las líneas de bajada y distribución pueden estar empotradas o adosadas directamente a la pared, de forma que en la práctica no se necesita ninguna manutención.

Se reducen considerablemente las perturbaciones, ya que los cables y los componentes a emplear pueden ser de la mejor calidad sin que apenas varíe el precio por vivienda. Además es fácil la adopción de una buena toma de tierra, difícil de disponer por parte de cada vivienda, con lo que también se logra mayor seguridad en cuanto a posibles descargas atmosféricas.

Todas estas ventajas redundan en inconvenientes si la instalación no se realiza con perfección y no se contrata un adecuado servicio de mantenimiento: es mejor disponer de una antena individual normal que de una mala antena colectiva sin ninguna garantía ni servicio de mantenimiento.

Para la instalación de una antena colectiva se elegirá cuidadosamente, en el ático o cubierta de la casa considerada, el lugar más adecuado.

Ya hemos dicho que, aun tratándose de una futura instalación colectiva, la señal disponible debe ser limpia e intensa, con la suficiente directividad de antena como defensa contra posibles perturbaciones actuales o futuras; o sea que antena colectiva no es equivalente a antena pobre (porque después se puede amplificar), sino todo lo contrario: la antena debe ser de calidad excelente y elevada ganancia.

Como por lo general deben efectuar un gran recorrido, los cables serán en todos los casos del tipo apantallado, sea coaxial o bifilar. Este último tiene la ventaja de no necesitar elementos simetrizadores.

La señal de antena se conduce por el correspondiente cable al lugar escogido para la instalación de los amplificadores (si se emplean), mezcladores, etc. A este mismo lugar se lleva la línea de corriente, a menos que se trate de un tipo telealimentado. La puesta en marcha puede hacerse por medio de un interruptor horario o un interruptor en la portería, pero en general es conveniente que la puesta en marcha y parada sean manuales.

Una vez amplificada y mezclada la señal se

lleva a la caja de distribución, situada en el lugar más apropiado para llevar las diferentes bajadas por el lugar más adecuado, teniendo siempre en cuenta que las longitudes deben ser lo más reducidas posible. Cada una de estas bajadas va dejando la señal en las viviendas; además de la caja de derivación o toma, en la última se coloca el elemento resistivo necesario para cerrar el cable sobre su impedancia característica, para evitar la formación de ondas estacionarias.

Si las líneas deben estar total o parcialmente empotradas, se alojarán en un tubo de plástico de doce a dieciséis milímetros de diámetro, según la dimensión del cable a emplear.

Tiene grandísima importancia cuidar debidamente del empalme de los cables; no se trata de una unión vulgar recubierta de cinta aislante. Es tan necesario como importante asegurar la perfecta continuidad del conductor o conductores y la de la pantalla. La mejor solución consiste en emplear alguno de los varios tipos de conectores para empalme que se construyen y asegurarse de su perfecta estanqueidad si debe instalarse a la intemperie.

No describimos estos materiales, que usted ya conoce por nuestros textos, incluyendo sus fundamentos teóricos y la realización práctica. Veamos ahora cómo se puede determinar la señal en cada toma de los futuros usuarios partiendo de la señal en antena, punto del que aún no hemos tratado. El procedimiento es aplicable tanto a las antenas colectivas como a las individuales y semicolectivas descritas antes.

Para el cálculo de una antena colectiva es imprescindible conocer una serie de datos de los elementos a emplear y saber efectuar operaciones con el *decibelio*.

Ante todo veamos un ejemplo de cálculo con decibelios, para lo cual nos serviremos de la tabla V en que se indica la relación entre los factores de atenuación o ganancia con el decibelio.

Supongamos ahora el esquema de la figura 54, en donde puede ver un generador que da 1 μV a su salida; que esta señal se aplica a un amplificador que la aumenta cinco veces; después se conecta a un cable que la reduce 0,4 veces, y luego deseamos conocer la tensión al final del cable.

En la misma figura se indican con números entre paréntesis los valores de ganancia o atenuación en decibelios.

Por el cálculo se sabe que la ganancia del conjunto es de $5 \times 0{,}4$, o sea 2. En decibelios se obtienen 6 decibelios positivos, o sea ganancia; de donde se llega a una tensión de 1 μV multiplicada por el 2 obtenido por el producto de $5 \times 0{,}4$, o bien porque los 6 decibelios equivalen, según la tabla, a una ganancia de 2.

Luego ¿cuál es la ventaja en el empleo del decibelio? Pues que en vez de multiplicar o dividir basta con sumar o restar lo cual es mucho más fácil, y más cuando no se trata de manejar dos cantidades, sino varias, como en el caso de las antenas colectivas.

Los elementos necesarios para el cálculo son los siguientes:

1. Valor en microvoltios de la señal captada por la antena receptora que ha de emplearse y en su lugar de emplazamiento.

2. Valor mínimo en microvoltios para la señal en los bornes del televisor en el lugar considerado, teniendo en cuenta el canal o canales que se trata de recibir. Este es el valor que se toma en consideración para la toma o tomas más desfavorables de la instalación.

3. Se hace necesario decidir el tipo de material a emplear y conocer los valores de ganancia o atenuación para todos sus componentes, expresada preferiblemente en decibelios. Estos valores debe proporcionarlos en todo caso el fabricante del material.

4. Disponer de un plano a escala del edificio donde debe realizarse la instalación colectiva en cuestión, para determinar el trazado y las distancias de los diversos tramos.

Para el primer punto se hace prácticamente imprescindible, para la realización de un buen trabajo, disponer de un adecuado y preciso medidor de campo. En su defecto se puede hacer ciertas consideraciones, pero no se obtiene un valor exacto, sino más o menos aproximado.

Para el segundo punto es preciso conocer la relación señal/ruido en el lugar considerado, o bien un valor de señal que la experiencia haya mostrado como suficiente para una recepción perfecta en el lugar de la instalación.

Conocido lo anterior, el cálculo de la instalación queda reducido a sumar las atenuaciones en la señal captada por la antena que producen los diferentes accesorios y líneas de transmisión empleados hasta la toma de antena considerada como más desfavorable, que como es lógico suponer será la más alejada del elemento distribuidor de señal.

Si la señal resultante en dicha toma resulta menor que la considerada como necesaria para el buen funcionamiento de los aparatos, debe emplearse un amplificador en el circuito; o si ya se empleaba, sustituirlo por otro de mayor ganancia, pues en ningún caso se debe aceptar que una toma no disponga de la necesaria magnitud de señal.

TABLA V

Factor multiplicador para atenuación	Decibelios negativos / Decibelios positivos	Factor multiplicador para ganancia
1,0	0,0	1,0
0,94	0,5	1,06
0,89	1	1,12
0,84	1,5	1,19
0,80	2	1,25
0,75	2,5	1,33
0,71	3	1,41
0,67	3,5	1,5
0,63	4	1,6
0,6	4,5	1,67
0,56	5	1,78
0,53	5,5	1,88
0,5	6	2,0
0,47	6,5	2,12
0,45	7	2,24
0,42	7,5	2,37
0,4	8	2,5
0,38	8,5	2,66
0,35	9	2,82
0,33	9,5	3,0
0,32	10	3,16
0,28	11	3,55
0,25	12	4,0
0,22	13	4,5
0,2	14	5,0
0,18	15	5,62
0,16	16	6,3
0,14	17	7,1
0,125	18	8,0
0,11	19	8,9
0,1	20	10,0
0,089	21	11,2
0,08	22	12,5
0,071	23	14,1
0,063	24	16,0
0,056	25	17,8
0,05	26	20,0
0,045	27	22,4
0,04	28	25,0
0,035	29	28,2
0,032	30	31,6

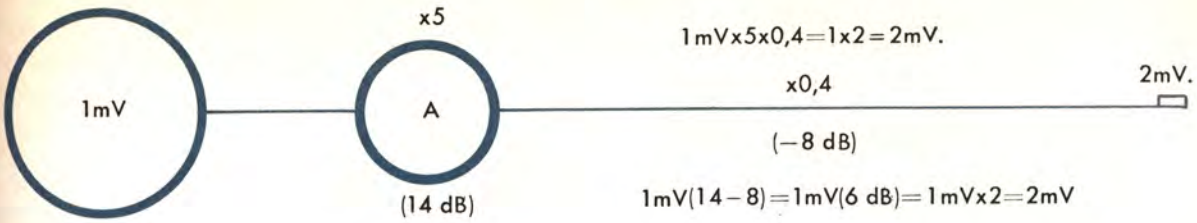


Figura 54. — Ejemplo de empleo del decibelio.

TABLA VI

Elemento	Decibelios ganancia o atenuación	Símbolo
Antenas. - En este caso no se indica la ganancia ya que partiremos de los valores de tensión en sus extremos.		
Amplificadores de antena	14 80	
Mezcladores	−1 −3	M
Cajas de distribución	−4 −6	
Tomas de antena	−0,8	○
Tomas de antena con resistencia de carga	1	●
Cable apantallado por 100 metros	−20	
Elementos resistivos de desacoplo para independizar los televisores conectados a la misma línea.	−6	

Antes de empezar con los ejemplos de cálculo, indicamos en la tabla VI la relación de elementos necesarios para efectuar una instalación, junto con los valores aproximales de atenuación o ganancia y el símbolo para la identificación de aquéllos en el plano correspondiente. Los valores se refieren a la banda III; para otras se consultará los catálogos profesionales distribuidos por los fabricantes especializados.

Supongamos, como ejemplo, que se trata de distribuir la señal captada por una antena para cada uno de los inquilinos de un edificio de cinco plantas con dos tomas por planta.

La medición o la experiencia en el lugar de instalación nos da como señal disponible en antena la de 1500 mV; no se quiere que la señal en la toma más alejada sea inferior a los 500 mV.

El esquema de la instalación se indica en la figura 55, de la cual deducimos los siguientes valores de atenuación comprendidos entre la caja de distribución y la última toma:

Por la caja de distribución	—6
Por las cinco tomas de antena	—4
Por los elementos resistivos de desacoplo en la toma considerada	—6
Por el empleo de 30 metros de cable de bajada —20 × 0,3	—6
En total	—22 dB

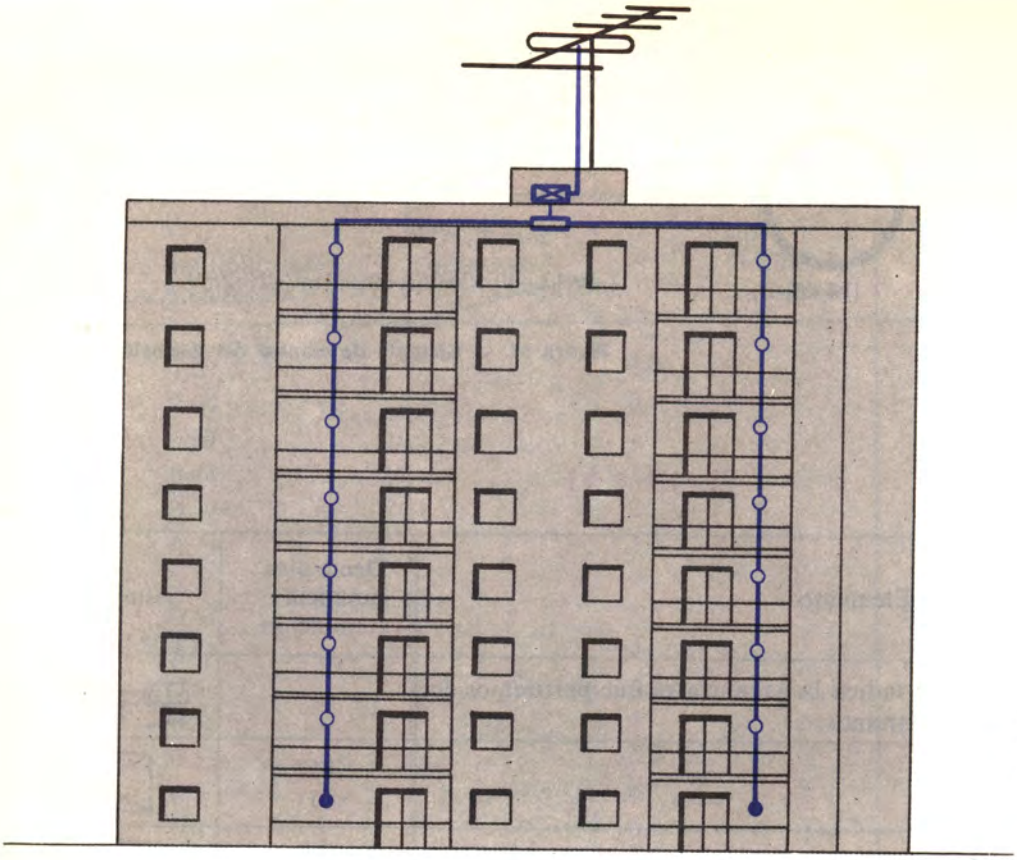


Figura 55. — Ejemplo de distribución de la señal en una antena colectiva.

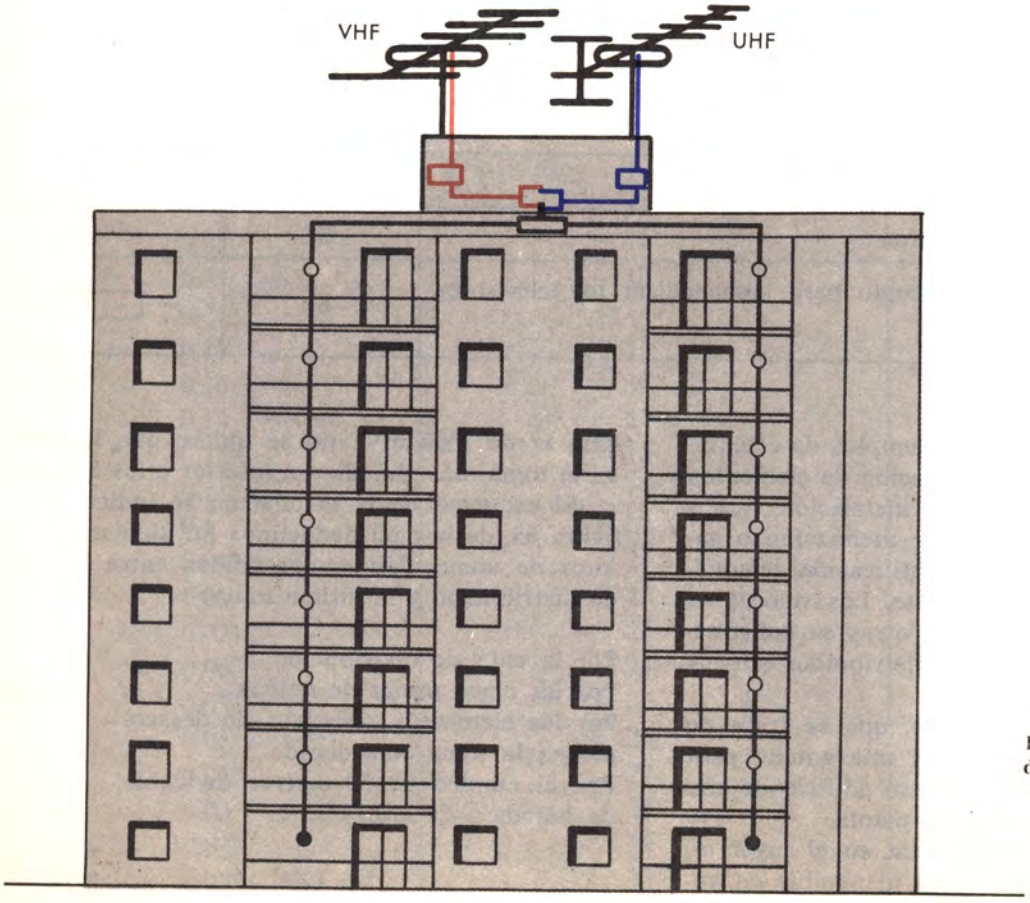


Figura 56. — Ejemplo de distribución de las señales de VHF y UHF en una antena.

Para compensar posibles diferencias, se toma un margen de seguridad del 20 %, con lo cual se tiene una pérdida de

$$-22 + 4{,}4 = -$$

Según la tabla V, estos —26,4 decibelios equivalen a un factor multiplicador de 0,045, con lo que la señal en la última toma, partiendo de los 1500 microvoltios iniciales, tiene el valor

$$1500 \times 0{,}045 = 67{,}5 \ \mu V,$$

a todas luces insuficiente en comparación con los 500 que se había previsto. Ello hace necesario instalar un amplificador —ya indicado en el esquema de principio—, que debe tener una ganancia igual a

$$\text{Ganancia mínima del amplificador de antena} = \frac{500}{67{,}5} \simeq 8$$

relación de tensiones que equivale a una ganancia de 18 decibelios, y por tanto se debe intercalar en la instalación un amplificador, adecuado al canal de que se trate, de una ganancia mínima de 18 decibelios.

Si el que se obtiene en el comercio es de 20 dB la señal en cada toma es la siguiente.

La pérdida era de —26,4 dB y la ganancia es de 20; por tanto se tiene una pérdida máxima de 6,4 dB, que equivale a una relación de tensiones de 2, por lo cual la tensión en la toma más alejada debe ser:

$$1500:2 = 750 \text{ microvoltios.}$$

Así, la última toma puede estar bien servida con la señal de 750 μV; pero a veces puede suceder que para lograr estos valores en el final de línea se tenga un exceso de señal en las tomas próximas al amplificador. Como sea que este exceso puede bloquear los receptores, se disponen atenuadores adecuados en dichas tomas para amortiguar la señal destinada a estos aparatos.

Si en vez de querer disponer de un solo canal se quisieran instalar varios, se efectuarían idénticas operaciones para cada uno de ellos, tomando la precaución de anotar en cada columna los valores de atenuación previstos para los diferentes elementos para cada canal o banda interesada.

Supongamos que se trata ahora de la misma instalación anterior, pero incluyendo el programa de UHF (fig. 56), y que los valores de atenuación de los diversos componentes serán para esta banda un 25 % superiores. A título de ejemplo se tiene:

Las pérdidas desde la salida de los amplificadores hasta la última toma son:

	VHF	UHF
Por el mezclador de canales . . .	—3	—3
Por la caja de distribución . . .	—5	—6,25
Por las cinco tomas de antena . .	—4	—5
Por los elementos de desacoplo y separación	—6	—7,5
Por el empleo del cable de bajada.	—6	—7,5
Lo cual nos da un total de . . .	—24	—29,25
que con el 20 % de factor de seguridad se convierte en los siguientes valores . . . . . ,	—29dB	—35dB

Ahora, teniendo en cuenta que entre los 1500 μV disponibles y los 500 en la toma más desfavorable existe una relación de 0,33 (equivalente a una pérdida de 9,5 decibelios), resulta que para el programa de VHF se necesita un amplificador de

$$\text{Ganancia amplificador} = \text{Pérdida real} - \text{Pérdida admisible} = 29 - 9{,}5 = 19{,}5 \simeq 20 \text{ decibelios.}$$

Para UHF, si la relación entre la señal de entrada y salida también es 0,33, se tiene:

$$\text{Ganancia amplificador} = 35 - 9{,}5 = 25{,}5 \text{ dB} \quad 25 \text{ dB}$$

El que los cálculos sean sencillos no equivale a decir que la instalación no requiera especiales cuidados: se debe poner la máxima atención en todos sus puntos y la debe armar personal especializado.

Una vez efectuada, se debe realizar un control para verificar su bondad, para lo cual se llevan a cabo las siguientes comprobaciones:

1. Inspección visual de la antena y de las diversas líneas de bajada y distribución, asegurándose de la existencia de las diversas tomas de tierra.

2. Comprobar la resistencia óhmica de cada una de las líneas, habiendo desempalmado previamente de ellas las diversas tomas. El valor encontrado debe ser igual al de la impedancia característica del cable debido a la resistencia de carga.

También es conveniente desconectar la resistencia de carga y comprobar que la resistencia, medida con una pila o generador de 20 a 50 voltios, es infinita.

3. Una vez todas las conexiones en su lugar correspondiente, poner en funcionamiento la instalación y controlar la tensión disponible en las varias tomas, en particular para las consideradas como más desfavorables.

Los valores obtenidos no deben diferir en más o menos de un 20 % de los previstos en los cálculos.

4. Desconectar la alimentación de cada uno de los amplificadores y medir la tensión tanto en su entrada como en sus salidas.

En ningún caso serán superiores estas magnitudes a los valores máximos previstos por el fabricante, puesto que en caso contrario pueden producirse fenómenos de sobretensión, sobremodulaciones, silbidos, etc., que perjudican el buen resultado de la instalación.

Si la tensión a la entrada no rebasa el máximo permisible, pero el de salida fuera exagerado, emplear atenuadores en las primeras tomas o a la salida del amplificador —pero no a la entrada a menos que sea imprescindiblemente necesario—.

Junto con los datos de cálculo, materiales empleados y otros pormenores, resulta útil guardar también los valores obtenidos en estos ensayos, anotando los aparatos empleados, escala de medición, etc., detalles que tienen interés cuando se efectúe una revisión periódica o en caso de avería en la instalación.

Figura 57. — Detalle de un mezclador para las señales de Radio, FM, VHF (I-III) y UHF (IV-V) con los bornes de entrada para cada una de las señales procedentes de las antenas y el borne de salida.

Material empleado en la instalación de antenas colectivas

Además de las antenas y de los amplificadores con sus correspondientes alimentadores que ya hemos descrito anteriormente —e incluso hemos presentado algunos modelos en sus versiones comerciales—, presentamos otros materiales, también imprescindibles para la instalación de antenas colectivas, como son:

Atenuadores, en sus versiones fijas y regulables, con los cuales es posible anular un exceso de señal de recepción, calcular el margen de seguridad de una instalación e incluso determinar la magnitud de la señal existente en un determinado punto de una instalación.

Cajas de distribución para la repartición de la señal de una línea entre dos o tres secundarias, las cuales reciben la misma tensión, si bien se conectan a través de las correspondientes resistencias para eliminar influencias recíprocas y mantener el correspondiente equilibrio de impedancias. En la figura 59 se muestra una de estas cajas y su esquema eléctrico.

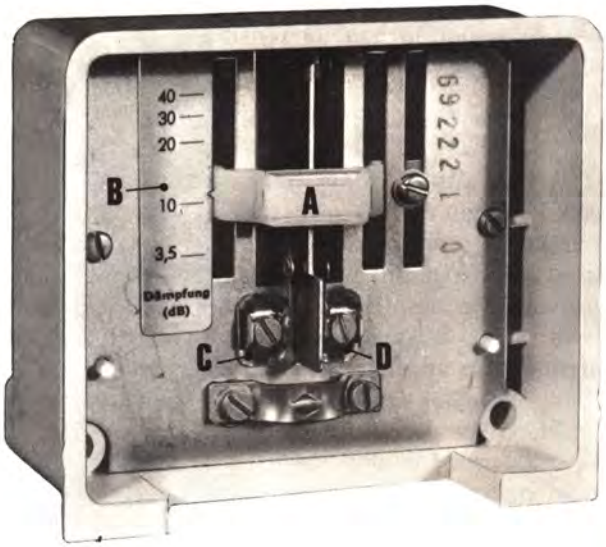


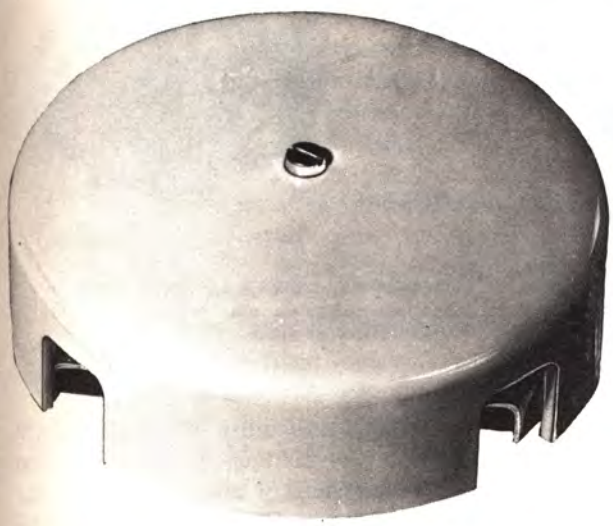
Figura 58. — Atenuador regulable para su conexión en el conjunto de una instalación colectiva. A, cursor; B, escala en dB; C, entrada; D, salida.

Cajas de derivación, con las cuales se realiza una o dos derivaciones de una línea principal. En la figura 60 puede ver el aspecto de una de ellas, junto con su esquema. Como en el caso anterior, la derivación se efectúa a través de resistencia, por los mismos motivos apuntados.

Cajas de toma y continuación de línea, que se colocan en los finales o en un determinado lugar de una línea, para la conexión del cable que lleva la señal al aparato televisor.

En la figura 61 se muestra una caja de toma doble y continuación de línea. La toma doble puede utilizarse para conectar en cualquier toma los adaptadores separadores para TV o radio, si la instalación está prevista para este conjunto de señales.

Debe tenerse en cuenta que si en una caja de toma y continuación de línea, ésta no se continúa por no requerirlo la instalación, en lugar del cable debe colocarse una resistencia de las llamadas de final de línea, al objeto de mantener el equilibrio de impedancias (fig. 62).



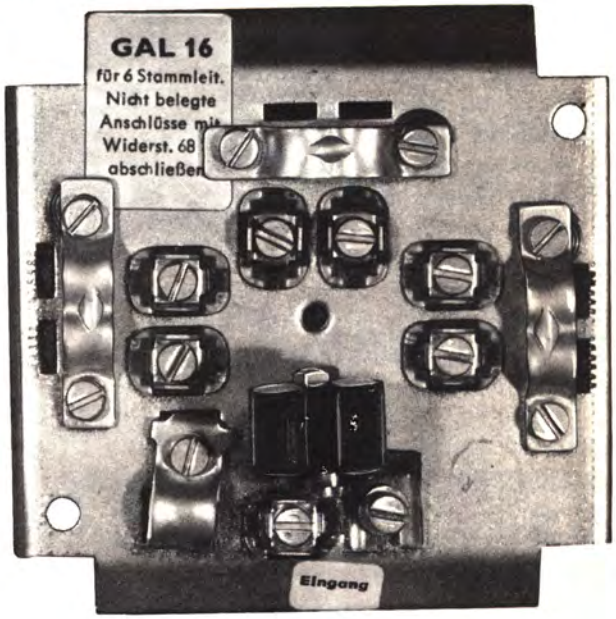
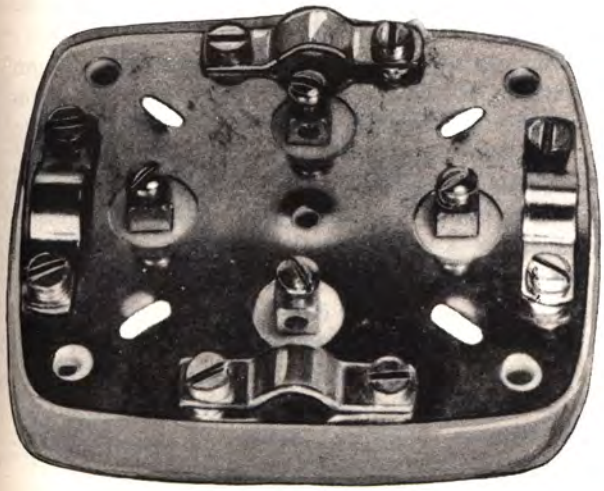


Figura 59. — Caja de distribución para instalación colectiva con línea de 60 Ω (FUBA).



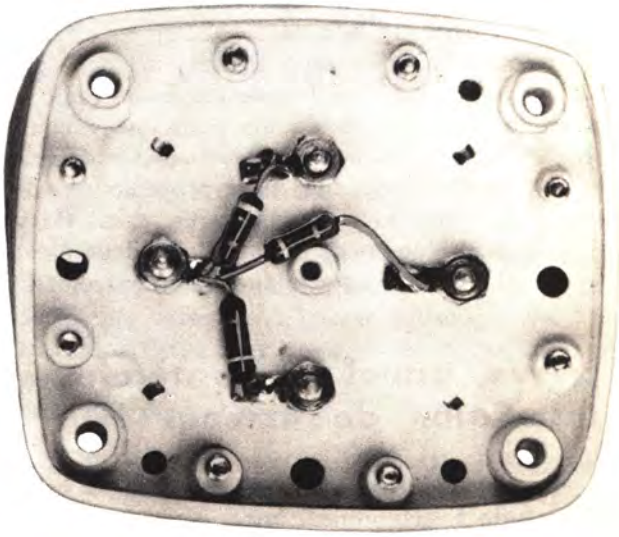


Figura 60. — Caja de derivación para instalación colectiva con cable de línea de 60 Ω.

Figura 61. — Detalle de una caja de toma doble TV/Radio y continuación de línea.

Figura 62. — Detalle de una caja de toma doble en la que la línea no continúa con resistencia para final de línea.

DIRECTRICES PARA LA PLANIFICACION, ERECCION Y ENTREGA DE INSTALACIONES DE ANTENAS COLECTIVAS

Las instalaciones eficientes de antenas colectivas para radio y televisión, lo mismo si agrupan casitas individuales en serie que en casas de viviendas múltiples o en locales de negocios, mejoran decididamente la recepción. Por su estructura simplificada y clara aminoran los desperfectos por accidente y las interferencias de radio, no afean la arquitectura de los edificios, y contribuyen a que el paisaje rural y urbano sea grato a la vista. Por todo ello, cada proyecto de edificación de colonias monofamiliares, casas de varios vecinos, bloques de oficinas, etc., debe incluir en sus planos una instalación de antena colectiva.

Estado actual de la técnica de instalación de antenas

A compás del progreso experimentado por la técnica de telecomunicaciones, esta otra técnica de instalación de antenas colectivas ha progresado también notablemente. No sólo aludimos a la radiodifusión, hablando de ondas largas, medias, cortas y ultracortas, sino muy particularmente a la televisión, que por razones de orden técnico se sirve de ondas métricas y decimétricas en las bandas de frecuencia I y III (VHF) o, respectivamente, IV/V (UHF). La implantación de un segundo y aun de un tercer programa de TV llevó a habilitar la banda de ondas decimétricas IV/V, e hizo necesarias nuevas antenas y nuevos accesorios para la instalación. Esta banda impone requisitos especiales a la instalación de antenas colectivas y exige modificaciones y ampliaciones de naturaleza técnica a las ya existentes.

Mientras tanto, la radio y la televisión se han convertido en imprescindibles elementos de cultura en la vida de hoy. El derecho a participar de ellos está reconocido y aceptado. Se trata, pues, de aprovechar las posibilidades que brinda la técnica para recibir las emisiones con buena calidad de sonido e imagen y sin interferencias. Si bien los modernos aparatos receptores encierran en sí todo lo necesario para conseguir este objetivo, la antena es como un miembro con voto decisivo de la instalación receptora. En una u otra forma, sea instalada individual o colectivamente, su colaboración es siempre factor de suma importancia.

Sólo una instalación de antena técnicamente perfecta garantiza el aprovechamiento, en todo su valor, de la capacidad funcional de los modernos aparatos receptores.

La acumulación de múltiples antenas individuales en casas de vecindad numerosa no sólo entraña problemas de índole arquitectónica y jurídica, sino además de tipo técnico. Varias antenas reunidas en espacio limitado se estorban mutuamente. Así, por ejemplo, tratándose de antenas de TV, los efectos direccionales son peores.

Uno de los mayores inconvenientes son las armónicas provenientes de cada aparato receptor, que radía la propia antena, pasan por las antenas vecinas y perturban sensiblemente la recepción en los demás aparatos. Del deseo de evitar tantos inconvenientes surgió la idea de las antenas colectivas. Estas son, por tanto, una verdadera necesidad, toda vez que representan la única manera de lograr, en una acumulación de receptores en sitio limitado, que todos ellos reciban a la perfección las emisiones de radio y TV sin interferencias recíprocas. Ahora bien, las instalaciones de antenas colectivas no desempeñan satisfactoriamente este cometido, sino cuando su planificación responde a las circunstancias de lugar y de número.

Ni la tensión útil ni la tensión parásita, en sí y por sí, constituyen un factor único determinante de la calidad de recepción. La tensión útil debe tener un valor mínimo determinado para cada participante en la recepción. No debe ser tan alta, empero, que no pueda ser asimilada sin distorsión por los aparatos receptores. Por otra parte, la captación de tensiones parásitas debe mantenerse al nivel más bajo posible, de manera que mantenga una determinada relación «útil/parásita». Ello atañe tanto a las parásitas de origen externo como a las generadas recíprocamente por el grupo de aparatos receptores.

La antena receptora propiamente dicha es igual en las instalaciones de antena colectiva que en las de antena individual. La mayoría se valen de combinaciones para poder servir a muchas bandas. La característica esencial de una instalación de antena colectiva es su sistema de distribución, cuya estructura obedece a determinadas consideraciones de orden técnico, por lo que respecta a conexiones y conmutaciones. Tiene una serie de requisitos que cumplir, derivados de la misión que a su vez cumple la antena colectiva. Ante todo, el sistema distribuidor —cable de conexión a receptor inclusive— debe estar apantallado contra interferencias externas, y los aparatos que se le conectan no deben influirse recíprocamente. Han de evitarse las armónicas procedentes de las oscilaciones de receptores enmarcados en la instalación.

Puesto que la suma de todas las pérdidas registradas en el sistema distribuidor —originadas por las atenuaciones de cable, de desacoplo, de carga, etc.— no puede, por regla general, quedar cubierta por la antena, es forzoso recurrir a amplificadores de antena con valores de salida correspondientes a la banda de que se trate. Para la banda de frecuencias IV/V, y en las grandes instalaciones de antena colectiva, conviene utilizar en lugar de un amplificador de antena un convertidor que transforme la frecuencia de la IV/V a la banda I o a la III.

Todos los elementos accesorios de la instalación deben estar estudiados, eléctrica y mecánicamente, de forma que no debiliten la calidad de recepción. Tienen que armonizar y acomodarse entre sí. Esta condición no puede cumplirse con plena garantía, naturalmente, sino cuando todos los accesorios obedecen a una misma norma; es decir, cuando proceden de un mismo fabricante.

La antena debe estar instalada de forma que cumpla con cuanto debe exigirse en pro de una suficiente protección contra el rayo o, lo que es lo mismo, contra descargas atmosféricas de altísima tensión. Los edificios que tienen antenas instaladas en estas condiciones no están expuestos al grave peligro del rayo.

En cuanto a su valor económico, las instalaciones de antenas colectivas son equiparables a las de luz y fuerza. Las condiciones especiales que deben satisfacer en razón de la alta frecuencia de las vías transmisoras y de las bandas a que sirven exigen un exquisito cuidado, no sólo en el diseño de todos sus elementos constitutivos, sino también en la planificación de la instalación, y no menos en su realización material. Y, finalmente, por ser sistemas de alta frecuencia de alto valor técnico, merecen una vigilancia y un servicio de mantenimiento serio y bien llevado para que cumplan su cometido a satisfacción de todos los usuarios.

Requisitos técnicos de las instalaciones de antenas colectivas

a) Por razón del perfecto servicio que deben rendir, las instalaciones de antenas deben estar totalmente integradas por material eléctrico de una única firma fabricante, y deben realizarse en concordancia con las instrucciones de montaje prescritas para el caso.

b) El tubo-soporte de antena debe levantarse, a ser posible, en la parte del tejado que esté más distante de la calle.

c) Si hay que instalar varias antenas, su distancia recíproca (según la experiencia unos cinco

metros en zonas bien servidas) debe contarse de modo que una a otra no se interfieran.

d) La sujeción a chimeneas de los tubos-soporte de antena no es aconsejable. No se debe abrir huecos en las paredes de las chimeneas para dar paso a la conducción de cables.

e) En los edificios de nueva planta, las líneas de bajada de antena pueden tenderse bajo el enlucido dentro de tubos aislantes o de plástico para que, en caso de avería, el recambio pueda ser fácil. Para tendidos dentro del decorado, o eventualmente sobre él, el cable de antena debe estar revestido de una funda de plástico. Es aconsejable escoger para su recorrido la proximidad a rincones de la habitación; con ello se consigue una protección adicional.

Las tomas de antena deben estar dispuestas de modo que las longitudes resultantes de cable para las conexiones sean, en total y entre cada uno de los usuarios, lo más cortas posible.

f) Las líneas de antena pueden tenderse por el mismo hueco de conducción de cables (atarjea) por el que van las líneas de corriente industrial, siempre y cuando la distancia entre unas y otras no sea inferior a un centímetro. En algunos casos, si se interpone capas aislantes adecuadas, como, por ejemplo, un revestimiento de plástico, esa distancia puede ser algo menor. Sólo cuando de las otras líneas cabe esperar tensiones parásitas extraordinariamente altas (por ejemplo, líneas de montacargas o ascensores), la de antena debe separarse de ellas por lo menos 30 centímetros, y en algunas ocasiones incluso estar resguardada con un tubo acorazado de acero. Por lo demás, no deben olvidarse los dispositivos antiparasitarios y blindajes contra interferencias de radio.

g) El cable utilizado en la instalación de antena debe ser de alta frecuencia, resistente al envejecimiento y de características eléctricas garantizadas.

h) Para la banda de TV de ondas decimétricas IV/V (470 a 790 Mc/s), la tensión de entrada de receptor debe ser por lo menos igual a la tensión $\times$ 1,0 que una antena Yagi de 10 dB de ganancia proporcionaría a la antena perteneciente a la instalación, situada en el mejor de los emplazamientos desde el punto de vista eléctrico, sobre la superficie del tejado y con una línea bifilar de 20 metros y $Z = 240$ ohmios como línea de bajada a la entrada del receptor. En zonas bien servidas de señal debe esperarse que como mínimo sea de un milivoltio.

Mediante un conversor de frecuencia el canal de UHF puede convertirse en un canal de VHF. En las instalaciones de antenas colectivas se necesita para la recepción sin interferencias de las bandas de televisión III y IV/V una tensión útil de un milivoltio como valor mínimo para todas las emisoras a las que deba atender la instalación de antena. Si en la entrada del receptor la tensión es inferior a la indicada deben esperarse interferencias, las cuales no sólo provendrán del exterior, sino también de los demás aparatos receptores conectados a la misma instalación colectiva.

i) Se aconseja al propietario de un inmueble que tenga la precaución de informarse de si en las proximidades de su casa se construyen rascacielos, edificios industriales, silos, gasómetros o algo parecido que pueda afectar desfavorablemente a la recepción, y a ser posible tome de antemano las medidas oportunas. A estos mismos efectos puede pedir al Ministerio de la Vivienda información acerca de posibles proyectos de este tipo.

j) Los requisitos impuestos a toda instalación de alta frecuencia obligan a que en las tomas de antena se utilice el mismo cable apantallado para la conexión a receptor y que todo el montaje se realice con sumo cuidado.

Orientación de datos generales para establecer un proyecto de características de las instalaciones

Proyecto de edificación .....
Contratista de la obra .....

1. *Alcances de recepción.*

La instalación de antena debe servir para la recepción de:

a) Radio en onda de radio y de FM.
b) TV por la emisora local del 2.º programa.

2. *Número de tomas.*

Su situación en las distintas habitaciones de las viviendas puede verse en los adjuntos planos:

Sólo para radio.
Sólo para televisión.
Para radio y televisión.

3. *La instalación se realizará:*

Bajo el enlucido, dentro de tubo aislante o de plástico.

Existe una red de tubo aislante.

No existe red de tubo aislante.

Sobre el enlucido.

Incrustada en el enlucido.

Existe derivación a tierra del pararrayos del edificio.

No existe derivación a tierra del pararrayos del edificio.

4. *Requisitos técnicos.*

Eléctrica y mecánicamente, además por cuanto afecta a las derivaciones a tierra de sus elementos y del conjunto, la instalación debe responder a la reglamentación en vigor.

5. *Conservación de la instalación.*

Se desea - no se desea - suscribir un contrato de conservación que obligue a revisiones semestrales - anuales - de la instalación.

El comitente concertará un contrato de seguro - no concertará un contrato de seguro - para la instalación.

6. *Coste.*

La oferta debe hacer una clara exposición de los costos correspondientes a:

a) La instalación lista para servicio, incluyendo, por cada vivienda, un cable de conexión a receptor de radio (longitud normal, 1,2 a 1,5 metros), caso de que la instalación haya de efectuarse con el alcance previsto en el párrafo 1 *a*).

b) La instalación lista para servicio, incluyendo, por cada vivienda, un cable de conexión a receptor de radio y a televisor (longitud normal, 1,2 a 1,5 metros).

c) Las pruebas finales, de cuyo resultado se dará constancia en la entrega de la instalación.

7. *Garantía.*

Son de aplicación las condiciones comerciales privadas que la firma instaladora tenga establecidas para sus propias prestaciones y ventas. (Generalmente plazo de garantía de seis meses, contados desde el momento en que la instalación de antena inaugure sus servicios.)

8. *Observaciones.*

Anexos:

Planos del edificio (planta, proyección horizontal y sección vertical), con acotación de todas las tomas de antena.

Símbolos que representan los cajetines (enchufes) para toma de antena:

Para radio. (Un círculo de trazo negro grueso, y, concéntricamente, en su interior, otro círculo menor de trazo fino.)

Para televisión. (Igual, pero el círculo interno ciego, o sea negro total: como un punto.)

Para radio y televisión. (Igual, pero con dos círculos internos y excéntricos: uno blanco lúcido, y otro negro ciego.)

Acto de pruebas y entrega de instalaciones de antenas colectivas

A ser posible, las pruebas deberán realizarse antes de que se habiten las viviendas.

a) *Descripción de la instalación.*

Marca de la antena y accesorios. .....

Lugar de la instalación: calle/plaza, número .....

Fecha en que se instala .....

Propietario (o Administrador) de la casa .....

Firma instaladora .....

Firma encargada de la conservación .....

Esquema eléctrica de la instalación de antena

Representación esquemática de todas las líneas y circuitos, dibujando simbólicamente las antenas, derivaciones de antena, amplificadores, transformadores, líneas troncales, enchufes (tomas), resistencias finales de cierre, etc., y dando el número de código de sus tipos.

b) *Relación de antenas.*

Antena de radio ..... modelo .....

Antena de FM ..... modelo .....

Antena de TV para emisora ..... canal ... . modelo: ..... construido en forma de .....: 1 piso, 2 pisos, doble de 1 piso, doble de 2 pisos.

Cables de conexión a receptor

Tipo de los que se necesitan:

Para radio/FM.

Para televisión.

Cantidad de los existentes:

Para radio/FM.

Para televisión.

Prueba de AF según datos del fabricante. (A realizar y consignar por el fabricante o por la firma instaladora.)

La prueba tuvo lugar con ..... cajetines de toma de antena cargados.

Aparatos medidores de señal utilizados

Marca ..... Modelo .....
Marca ..... Modelo .....

Control de cierre de televisión

En el primero y en el último cajetín de toma de la línea troncal más desfavorable, ¿es perfecta la imagen por lo que atañe a ruidos y reflexiones (imágenes fantasma)?

c) *Constancia del acta de pruebas y entrega*

Se ha examinado la instalación, responde a las condiciones técnicas y se entrega la instalación como intachable, haciendo constar que puede ponerse en marcha.

En ....., a .....
(lugar) (fecha)
(firma)

Destinatarios de un ejemplar de esta acta:
Propietario de la casa/administrador.
Firma instaladora (comprobadora).

NOTAS PRACTICAS DE INSTALACION DE ANTENAS

El instalador de antenas colectivas tiene la obligación ineludible de conocer todo el articulado de la ley española 49/66 y los anexos complementarios de la misma aparecidos hasta el momento que se considere. Tiene el deber de poseer una formación técnica al nivel de las exigencias de su profesión y la destreza propia del título que se adjudica. Por eso hay que saber distinguir entre este señor y el montador que puede instalar antenas a sus órdenes.

El instalador, además de saber montar, sabe interpretar el croquis realizado por un técnico y proyectarlo sobre un plano trazado por un arquitecto, sabe detectar el posible error por omisión de uno u otro y asesorar a su cliente de forma totalmente responsable sobre cualquier cuestión inherente a su cometido.

Herramientas

1.º Medidor de campo con sus accesorios.
2.º Monitor o televisor portátil.
3.º Comprobador universal.
4.º Mástil telescópico.
5.º Un equipo de herramientas compuesto por: alicates, pela hilos, dos atornilladores, martillo, juego de escarpillas y llave inglesa. Si se dispone de taladradora portátil, martillo, pistola, etc., mejor, pero no son indispensables.

Operaciones

En el emplazamiento de la obra que se trate, se hará una medición de campo de cada una de las frecuencias correspondientes a los canales de T.V. que se exigen, más las de FM que lleguen al lugar. Estos datos se recopilan con los planos marcados por el arquitecto y catálogo de la marca a emplear, y confecciona el croquis de la instalación con su cálculo correspondiente, quedando pendiente de aprobación por los organismos competentes. En el mejor de los casos el instalador, planos y croquis en mano, realizará su trabajo como se indica en los mismos, por este orden; cualquier variación sugerida a «posteriori» obligaría a la modificación de la propuesta con el consiguiente retraso administrativo.

1.º Marcará con una brocha impregnada en azulete, u otra pintura no grasa, las partes de la obra que deben ser ranuradas para albergar el tubo semirrígido que, una vez empotrado, alojará en su interior las tiradas de cable coaxial de la instalación *(téngase presente que sólo se permite instalar a la vista por el trayecto del mástil).*

2.º Se facilitarán al constructor las longitudes necesarias de tubo semirrígido y cajas de plástico para registro, y alojamiento de las tomas de utilización, para ser recibidas en la obra en los lugares señalados.

Los diámetros del tubo serán de 16 mm, hasta llegar a las tiradas en vertical de las plantas tipo.

3.º Se solicitará la instalación de una toma de energía eléctrica, contigua al lugar indicado para el cofre de amplificadores y alimentador de los mismos.

4.º Se montará en el lugar previsto en el plano, el sistema captador de señal, uniendo cada uno de los dipolos de las antenas a su lugar expreso del mezclador, mediante longitudes de cable coaxial a través del amplificador indicado si lo hubiere.

5.º Se pasa el cable por todos los tubos, en los que no habrá ninguna curva cerrada, pues además de dificultar el paso del mismo podrían variar sus parámetros, tanto por su forzada posición como por la tracción mecánica en el acto de introducción, cambiando así las características de la instalación.

6.º Se instalarán las tomas de utilización colocando en las últimas de cada ramal una resistencia entre la malla y el ánima del cobre del conductor, de 68 a 75 ohmios, llamada de cierre. También se colocará una resistencia de cierre en cada una de las salidas del distribuidor no utilizadas.

7.º Antes de unir los ramales al distribuidor, y éste a la salida del mezclador, podemos hacer una comprobación previa de la continuidad de los mismos.

Observaciones

La provisión de los locales comerciales se realizará conforme indica la propuesta.

El cable coaxial será el expresado en la propuesta; bueno, regular o malo se han tenido en cuenta sus características en el cálculo.

El cable coaxial se podrá instalar superficialmente por el recorrido del mástil, en los pisos de la parte antigua de una finca reformada, en las viviendas que lo hayan sido, antes de la entrada en vigor de la Ley 49/66, en los locales comerciales, al ir a hacer uso de la toma de provisión y donde se haya conseguido autorización expresa.

Cada instalación de antena llevará su toma de tierra unida al mástil y al cofre de amplificadores.

Se procurará que las señales medidas en las tomas den un mínimo de lectura de 3 mV y un máximo de 16 mV; pues trabajando en los límites de 1 y 50 mV podríamos encontrarnos con desagradables sorpresas a la hora en que se realiza la inspección.

Al conectar el coaxial no deben jamás ejercerse presiones excesivas e innecesarias. Si algún tramo se deteriora o deforma, cambiarlo, aunque resulte buena la prueba de continuidad.

En las conexiones, echar los hilos de la malla hacia atrás y por encima de la cubierta superior del cable, en evitación de un posible corte, en manipulaciones posteriores.

Una vez efectuada la instalación se procederá a la comprobación total de la misma.

1.º Comprobación de que todos los elementos integrantes no hayan sufrido deterioro por la manipulación u otras causas.

2.º Reorientación de antenas con medidor y monitor y anotación de medidas.

3.º Comprobación de líneas desde el distribuidor, midiendo las resistencias de cierre de cada uno de los ramales de cable coaxial.

4.º Comprobación del funcionamiento de posibles amplificadores midiendo a la entrada y salida de los mismos.

5.º Medición de señal en milivoltios, toma por toma, en cada una de las frecuencias captadas por el sistema de antenas, tomando nota.

6.º Comprobación de la toma de tierra.

Montaje mecánico

A una distancia no menor a un metro de separación entre ellas, se disponen las antenas en un mismo mástil recibido fuertemente en la obra y arriostrado con uno o más juegos de vientos, según el grueso y longitud del tubo empleado y la disposición de las parrillas. También se utilizan torres metálicas de celosía donde es necesaria la elevación del sistema captador de señal por encima de los seis metros, que es la altura clásica de un mástil.

Debido a la diversidad de estructuras que pueden hacerse en un montaje mecánico para soporte del sistema captador de señal nos referiremos solamente al más utilizado: Dispondremos de un tubo de hierro galvanizado, de los utilizados en calefacción, de un diámetro aproximado de 1 1/4 pulgadas y de longitud 5 ó 6 metros, un par de garras de muro de las llamadas dobles o de puente. Una placa triangular con un agujero central de diámetro ligeramente superior al del tubo con tres agujeros equidistantes a su alrededor, cable de acero galvanizado de 4 mm., tres tensores y tres anclajes para vientos.

En la parte elegida del torreón de escalera de la finca o en el patio más indicado a falta de éste, recibiremos las garras de mástil, distantes una de otra de 60 a 80 cm en sentido vertical y bien aplomadas. Para conseguir esto, basta disponer de un trozo de tubo de 80 cm donde las garras dobles están bien atornilladas a sus extremos. Se pasa un cordel con una pesa por su interior y se reciben las dos en el muro en una misma operación, cuando la pesa está concéntrica a la boca inferior al tubo. Una vez fraguado el cemento, se retira el tubo plomada y se coloca en su lugar el mástil con todas las antenas sujetas con las orientaciones aproximadas.

Para poder trepar por este mástil pueden disponerse garras de mástil simples de forma escalonada que soporten perfectamente el peso de un montador que, observando el medidor de campo, subirá o bajará cada antena hasta encontrar la señal óptima.

Para evitar las oscilaciones del mástil bajo la acción del viento que desplaza las antenas perjudicando la buena recepción, máxime si la más alta de ellas es la de UHF, se sujeta la placa de vientos en el mástil a dos tercios del mismo partiendo de la parte sujeta en la garra superior. En cada uno de los tres agujeros de la placa de vientos, se amarra el cable de acero galvanizado y se lleva a cada uno de los tres anclajes recibidos en la obra de manera que los ángulos que forman los tres cables de vientos entre sí, y cuyo vértice común es el centro del mástil, sean iguales. Estos anclajes recibidos en la obra, estarán a una distancia del pie de mástil como de éste a la placa de vientos, o sea 2/3 la altura del mástil. Es muy conveniente en todo caso un tensor en cada uno de los tres tirantes.

Si en el punto donde tenemos recibido el mástil captamos perfectamente una de las frecuencias de las que queremos recibir y no tan bien las otras, podemos añadir brazos de tubo al mástil y sujetar las antenas a sus extremos. Una solución muy fácil para cuando la antena de UHF se coloca al final superior del mástil, es mantenerla sobre un soporte en forma de cuadro, o de manivela cuya longitud del brazo horizontal no excede a la de su media onda. Con esto podremos girar la antena en círculo manteniendo la orientación debida hasta obtener su punto más favorable.

REGLAMENTACION DE LAS ANTENAS COLECTIVAS

Orden de 23 de enero de 1967 sobre normas para la instalación de antenas colectivas de radiodifusión en frecuencia modulada y televisión y trámites a que se refieren los artículos 20 y 21 de la Ley 49/1966, de 23 de julio.

Ilustrísimos señores:

Próxima a entrar en vigor la Ley 49/1966 de 23 de julio, sobre antenas colectivas de radiodifusión en frecuencia modulada y televisión, se hace necesario dictar una serie de normas aclaratorias de la misma que vengan a desarrollar aquellos aspectos de la citada Ley que son competencia de este Departamento.

Según esto, y de acuerdo con la autorización concedida en los artículos 28 y 29 de dicha Ley, por este Ministerio se dispone lo siguiente:

Primero. Como norma aclaratoria al artículo tercero de la Ley 49/1966, se establece que, en cualquier caso, las antenas colectivas que se instalen, según lo especificado en dicha Ley, deben estar dispuestas para la recepción de señales de radiodifusión en frecuencia modulada, independientemente del nivel de señal recibida, o aun cuando no existan en la zona, en el momento de realizarse la instalación, emisoras de radiodifusión que emitan en modulación de frecuencia.

No obstante, no es obligatoria la instalación de antena colectiva para radiodifusión en frecuencia modulada cuando no lo sea, a su vez, para emisiones de televisión.

Segundo. De acuerdo con lo prevenido en el artículo 23 de la Ley 49/1966, todas las instalaciones de antenas colectivas que se realicen en zonas en las que en el momento de la instalación únicamente se reciban señales de televisión en bandas I y III deberán estar preparadas para, en su momento, poder disponer fácilmente los elementos necesarios para la recepción en bandas IV y V. Esta previsión comprenderá las tomas de antena, líneas de distribución, caseta del amplificador (si lo hubiera), mástil de los sistemas captadores de señales y cualesquiera otros elementos de utilización común.

Tercero. El concepto de antena colectiva comprende la totalidad de los elementos componentes de la instalación, desde el sistema de captación de señales hasta los bornes de entrada en los receptores, incluyendo cables de transmisión, filtros, adaptadores, amplificadores o conversores (si los hubiere), mezcladores, cajas de conexión y distribución, etc.

Por consiguiente, los modelos o tipos a que se refiere el artículo 20 de la Ley 49/1966 corresponden a todos y cada uno de los elementos de instalaciones completas. Unicamente quedan exceptuados de homologación los cables coaxiales que se utilicen en las instalaciones, aunque se establece que éstos han de tener un blindaje suficiente para que la resistencia de acoplamiento a 200 Mc/s no sea inferior a 500 MΩ/m.

Cuarto. En las tomas de antenas para los receptores, tanto de televisión como de radiodifusión en frecuencia modulada, todos los elementos correspondientes a filtros y adaptadores de las líneas de transmisión se encontrarán empotrados dentro de las cajas de dichas tomas, de forma que la conexión de éstos con los receptores se realice directamente mediante cinta simétrica normalizada de 300 Ω.

No obstante, y a fin de que puedan ser fabricadas las nuevas tomas de antena, previos los requisitos señalados en el artículo 10 de la Ley 49/1966, por resolución de la Dirección General de Radiodifusión y Televisión, previo informe del

Sindicato Nacional del Metal, se determinará el plazo prudencial durante el cual se autoriza la instalación de tomas de antena que precisen filtros y adaptadores externos a las mismas, siempre que dichas tomas sean autorizadas en los proyectos de las diferentes instalaciones.

Quinto. Los sistemas de captación de señales que se utilicen en las instalaciones habrán de tener la ganancia adecuada, según la intensidad de campo recibida, a fin de que en los bornes de salida de la antena o en las de entrada del amplificador, si lo hubiera, la tensión mínima de señal sea de 1000 μV sobre 240 Ω.

Sexto. El Laboratorio Central de la Dirección General de Radiodifusión y Televisión recibirá directamente los elementos de antenas colectivas que sean presentados o enviados por las casas constructoras para el cumplimiento del informe preceptivo a que se refiere el artículo 20 de la Ley 49/1966. Junto con los materiales, se presentará una lista detallada de los que se entregan, así como un croquis de instalación posible, detallando la situación y conexionado de cada uno de los elementos. En el caso de elementos sueltos, se presentará un esquema de los circuitos electrónicos de los mismos, y cuando se trate de elementos captadores de señales se indicará el intervalo de intensidades de campo útiles para el que se piensa utilizar, teniendo en cuenta lo señalado en el apartado quinto de esta Orden.

Una vez realizadas las pruebas y ensayos pertinentes por la Dirección General de Radiodifusión y Televisión, se oficiará a la de Industrias Siderometalúrgicas, comunicando la relación de elementos a los que se entiende puede ser concedida autorización de fabricación y venta por cumplir con las exigencias previstas en la Ley. Igualmente se oficiará al Sindicato Nacional del Metal, en orden a la comunicación por el mismo a los instaladores de antenas colectivas de la relación de elementos homologados.

Séptimo. De acuerdo con lo que establece el artículo 21 de la Ley 49/1966, los promotores o constructores de viviendas afectadas por la misma deberán presentar en la Delegación Provincial de Información y Turismo correspondiente el proyecto de instalación de antena colectiva. Dicho proyecto estará firmado por un ingeniero, perito o ayudante de Telecomunicación y comprenderá los extremos siguientes:

1. Relación completa de todos y cada uno de los elementos que formen la instalación proyectada, indicando casa constructora, marca y número de serie de cada uno de ellos.

2. Planos en alzado y planta del inmueble, indicando escala y marcando los lugares de instalación de las diferentes tomas de antena, y conductores empotrados para los cables de distribución.

3. Croquis completo de la instalación, en el que se marquen las distancias entre cada uno de los elementos, identificación de los mismos y características del elemento o elementos captadores de señal.

4. Muestra, de un metro de longitud, del cable que vaya a ser utilizado en la instalación.

Por las Delegaciones Provinciales del Departamento se remitirán los proyectos recibidos a la Jefatura de Servicios Técnicos de la Dirección General de Radiodifusión y Televisión, que en el plazo máximo de quince días desde su recepción los devolverá con la propuesta de autorización o denegación del proyecto, según proceda. En cualquier caso, la denegación ha de estar debidamente razonada, a fin de que puedan subsanarse las causas que den origen a la misma. A la vista de esta propuesta, el delegado del Departamento en la provincia que corresponda expedirá, si procede, certificación acreditativa de que la instalación proyectada cumple con lo especificado en la Ley 49/1966 de antenas colectivas.

Octavo. Una vez terminada una instalación completa, la casa instaladora lo comunicará a la Delegación Provincial de Información y Turismo, la cual realizará una inspección, que comprenda:

1. Comprobación del croquis de la instalación.

2. Comprobación de que los elementos utilizados son los que se señalaban en el proyecto.

3. Medición de la resistencia de acoplamiento de los cables utilizados en la instalación.

4. Ejecución del protocolo de medidas sobre la instalación, que será facilitado por el Laboratorio Central de la Dirección General de Radiodifusión y Televisión.

Para la realización de estas comprobaciones será facilitado a las Delegaciones Provinciales del Departamento el material correspondiente. No obstante, éstas podrán solicitar de la casa instaladora que aporte el material que se considere preciso para la mejor comprobación de la instalación.

Noveno. Realizada satisfactoriamente la comprobación por el delegado provincial del Departamento, se expedirá certificado acreditativo de que la instalación se encuentra terminada y reúne las condiciones precisas para ofrecer una óptima recepción de las señales de televisión y radiodifusión en frecuencia modulada.

Décimo. Las comprobaciones de antenas colectivas instaladas serán realizadas por técnicos de Radio Nacional de España, Televisión Española o el Servicio de Protección contra Perturbaciones Parásitas, en los lugares en que existan delega-

ciones de estos servicios. Para las restantes provincias, el sistema de comprobación de instalaciones será reglamentado mediante resolución de la Dirección General de Radiodifusión y Televisión.

Undécimo. Por la Subsecretaría del Departamento y la Dirección General de Radiodifusión y Televisión se adoptarán las medidas necesarias para su mejor cumplimiento.

Lo que comunico a VV. II. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a Vuestras Ilustrísimas muchos años.

Madrid, 23 de enero de 1967. *Fraga Iribarne.*

Ilmos. Sres. Subsecretario de Información y Turismo y Director General de Radiodifusión y Televisión.

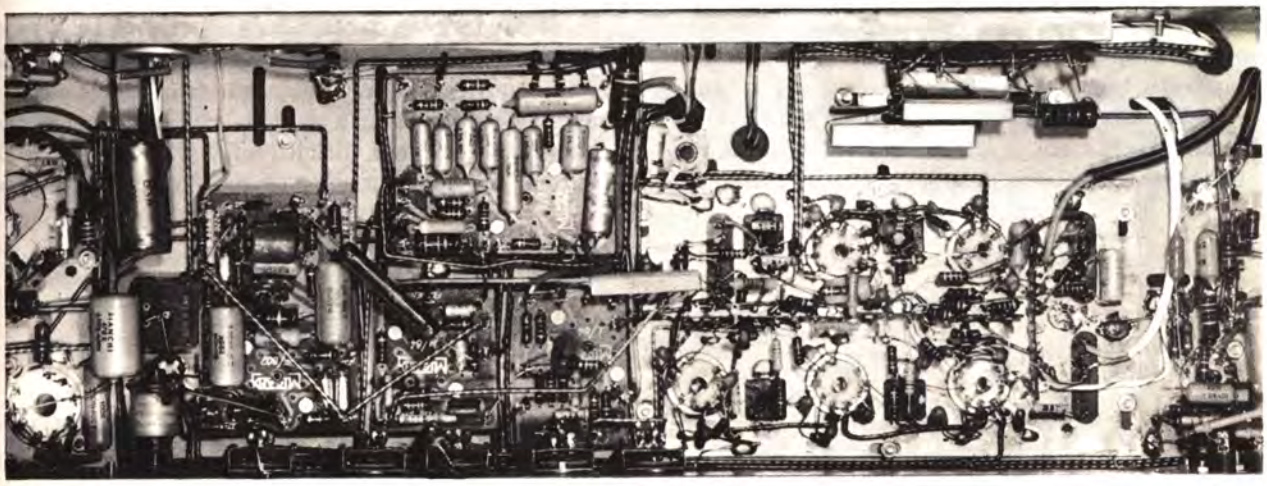
* * *

LECCION 64

El amplificador
El oscilador local
Dispositivos prácticos de sintonía
El sintonizador de UHF

televisión 9

ESTUDIO DE LOS CIRCUITOS DE ENTRADA, SELECTORES Y SINTONIZADORES



EL TELEVISOR

Anteriormente hemos visto cómo se genera la señal de TV y la forma que adquiere para poder lograr la transmisión a través del espacio tanto del sonido como de la imagen en blanco y negro o en color. Hemos explicado que la señal de TV que radía el emisor contiene todos los elementos necesarios para lograr tanto la parte de audio como la de video, controlando o más bien disponiendo de los elementos de control para que el *spot* del tubo de imagen ocupe un lugar determinado en un instante dado, ya que además de la luminosidad y crominancia se dispone constantemente de unas señales de sincronismo.

También hemos visto cómo, debido a la especial naturaleza de estas ondas, se debe dotar a la instalación receptora de adecuados medios para la captación de estas señales. Ha estudiado últimamente las antenas, tanto en el aspecto teórico como en el práctico. Ha visto la gran diferencia entre los problemas de captación de una onda radio y la de una señal de televisión y conoce posibles soluciones a los diversos casos que pueden presentarse de falta de señal o exceso, puesto que, como ya dijimos, los dos extremos pueden ser perjudiciales.

En realidad puede decir que ya sabe cómo se forma la señal de TV, cómo se transmite, cómo se recibe y cómo se conduce hasta la entrada del aparato televisor, en el cual se producen más amplificaciones, separaciones y desviaciones magnéticas del rayo catódico que dan lugar a la imagen y sonido. Pero en cuanto a detalles sobre cada uno de los diversos pasos de que está formado el aparato, conoce muy pocos.

Es indudable que usted ha visto el interior de un televisor y ha oído el comentario general, que se hace en estos casos, de lo difícil que tiene que ser colocar todos aquellos elementos, entender para qué sirven y poder localizar al causante de una posible avería.

En realidad son muy pocas las cosas que vistas en conjunto, y a primera vista, dan la impresión de simples; el receptor de televisión no es una excepción. Pero si en vez de observarlo en conjunto tuviese la posibilidad de verlo como si estuviese montado por bloques individuales, o por funciones, y se dedicase a observar cada uno de éstos, sin dejarse influir por los demás, la cosa le parecería bastante más simple, ya que sus conocimientos de radio le permitirían distinguir perfectamente un circuito más o menos complicado, pero similar a los de radio, aunque con una función igual o diversa, según su ubicación.

Ya que, además, ésta nos parece la única forma de llegar al final satisfactoriamente, efectuaremos por bloques el estudio de los circuitos de un aparato televisor, designando así al conjunto que realiza dentro del aparato una función determinada. Efectuaremos un estudio teórico-práctico de cada conjunto para después pasar a la descripción de los conjuntos comercialmente adoptados en la fabricación de los aparatos de televisión.

En la figura 1 se indica una posible descripción por bloques de un aparato televisor, con la función propia de cada uno de ellos.

Como introducción, y ya que la primera parte o primer bloque deberá ser el de sintonía, digamos que en TV, igual que en radio, la señal puede sintonizarse y amplificarse por el sistema directo o de pasos amplificadores en radiofrecuencia, o bien por el sistema llamado superheterodino, ambos ampliamente conocidos por su aplicación en la radio.

En radio, el tipo de amplificación directa tiene la desventaja de la falta de selectividad; pero en televisión esto no sería una desventaja, ya que sus circuitos deben ser de banda pasante ancha; mas ello complicaría mucho el circuito, ya que además de ser más difícil realizar un aparato multicanal, no lo es menos realizarlo con los varios

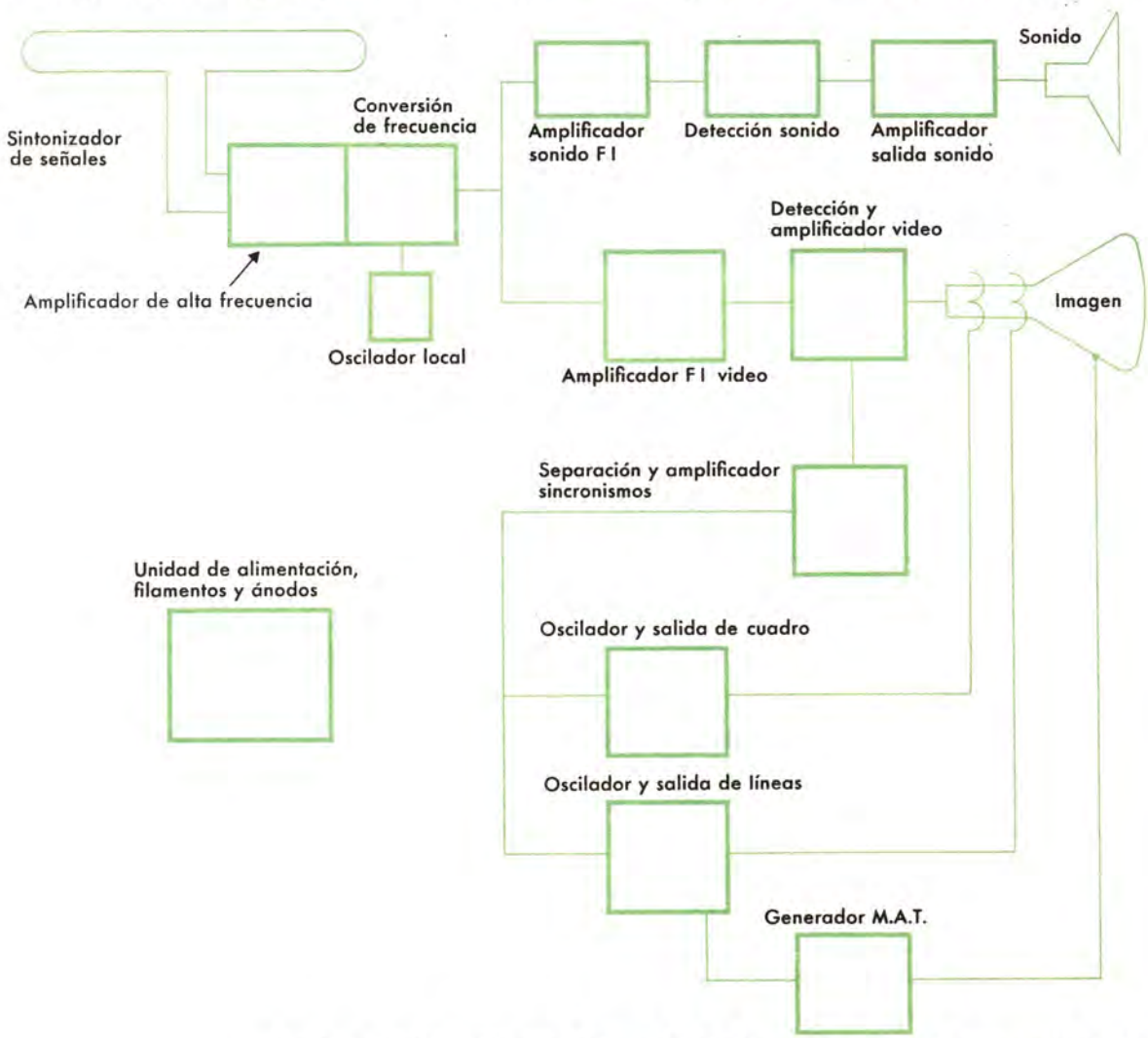


Figura 1. — Disposición por bloques de las funciones principales a realizar por el conjunto de circuitos de un aparato televisor con canales de sonido e imagen separados.

pasos sintonizados a las elevadas frecuencias propias de las emisiones de televisión, en particular de los canales altos de VHF o de los de UHF.

En televisión se da por sentado que el sistema es superheterodino, o sea, con un cambio de frecuencia y un circuito de frecuencia intermedia sintonizado siempre a la misma frecuencia, tanto para los programas de VHF como para los de UHF o de TV-Color.

En realidad, pues, se trata de un circuito de entrada semejante al de un receptor de radio, con las necesarias diferencias debidas a la anchura de banda que se amplifica, a la presencia del sonido y a la magnitud de la señal disponible en relación con la necesaria para su buena reproducción.

La presencia del sonido da lugar a otra posible diferencia en cuanto al proceso a seguir por la señal de TV, puesto que para su amplificación puede emplearse un circuito independiente o bien aprovechar los pasos necesarios para la señal video para el conjunto video-audio, con lo cual se logra un ahorro en cuanto al número de componentes o pasos de amplificación. Este sistema es el llamado *intercarrier*, que es el usualmente empleado en los receptores comerciales, como tendrá ocasión de ver más adelante.

Por tanto, el esquema por bloques de un circuito comercial es el indicado en la figura 2, que corresponde a un circuito superheterodino *intercarrier*.

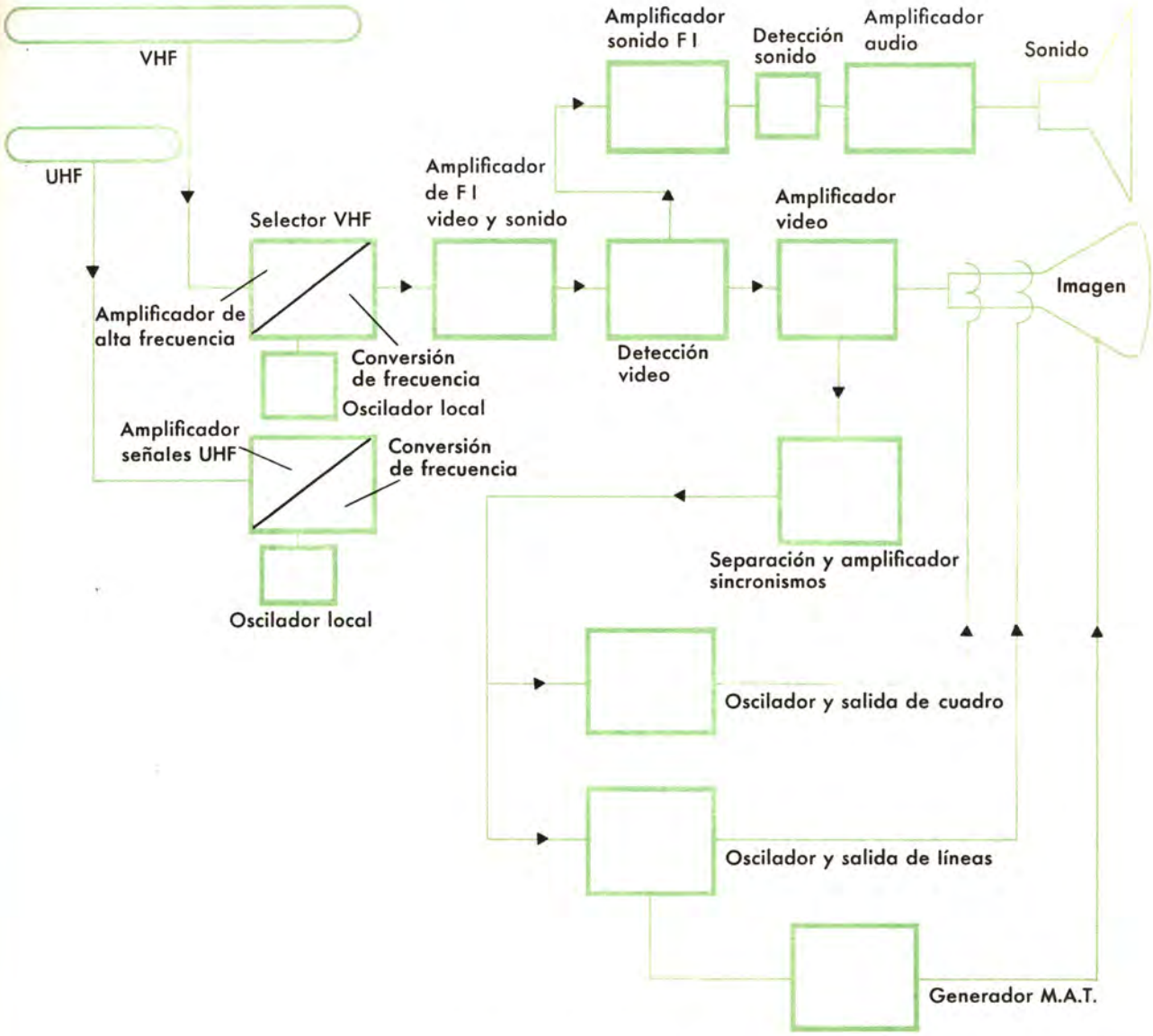


Figura 2. — Descripción por bloques del esquema del televisor superheterodino "intercarrier" normalmente utilizado en la actualidad.

EL AMPLIFICADOR DE ALTA FRECUENCIA

Al igual que en radio, cuando se trata de un aparato de buena calidad y sensibilidad el primer paso es el amplificador de radiofrecuencia o alta frecuencia. En televisión la primera etapa que recibe la señal procedente de la antena —a menos que se trate de un aparato de tipo económico— es el amplificador también de alta frecuencia.

En televisión la misión de esta primera etapa no se limita a amplificar la señal recibida de la antena, como sucede en radio, sino que sus funciones son diversas, puesto que amplifica al máximo la señal disponible con relación al sonido de fondo, adapta la impedancia de la antena a la propia del circuito e impide el paso de la frecuencia del oscilador local a la antena receptora, ya que en caso contrario ésta actuaría de emisora perturbando a los aparatos próximos; y además, cosa no menos importante, no debe limitar la magnitud en cuanto a anchura de la señal a amplificar.

Como se explicó al estudiar la señal de televisión, la anchura de banda necesaria es muy elevada. Se considera que el paso de alta frecuencia de un receptor de televisión debe estar diseñado de forma que se consiga la amplificación lineal de un ancho de banda de 6 Mc/s por canal, siendo todavía mayor en el caso del amplificador de frecuencia intermedia.

De aquí la inutilidad de proyectar en televisión circuitos con elevada agudeza de resonancia o selectividad, ya que en estos casos la banda pasante es muy reducida, y por tanto propia de los circuitos de radio, pero totalmente inadecuada en el caso de la televisión.

No es, pues, la selectividad la característica que predomina en estos circuitos, sino que ésta se sacrifica en beneficio del ancho de banda, ya que no se lograría nada con disponer de una elevada sensibilidad acompañada de una pésima calidad de imagen.

Como ya sabe, la ganancia de un amplificador de alta frecuencia es tanto mayor cuanto más elevada sea la calidad del circuito resonante, mientras que disminuye cuando aumentan las pérdidas de éste; pero paralelamente se obtiene una modificación en cuanto a la banda de paso de este amplificador, ya que si se traza el diagrama de respuesta del amplificador de la figura 3 en función de los valores de la resistencia R en paralelo con el circuito oscilante se observa que su selectividad aumenta para valores grandes de R, consiguiendo bandas de paso muy pequeñas, mientras que a medida que disminuye R la selectividad disminuye pero aumenta constantemente la banda pasante.

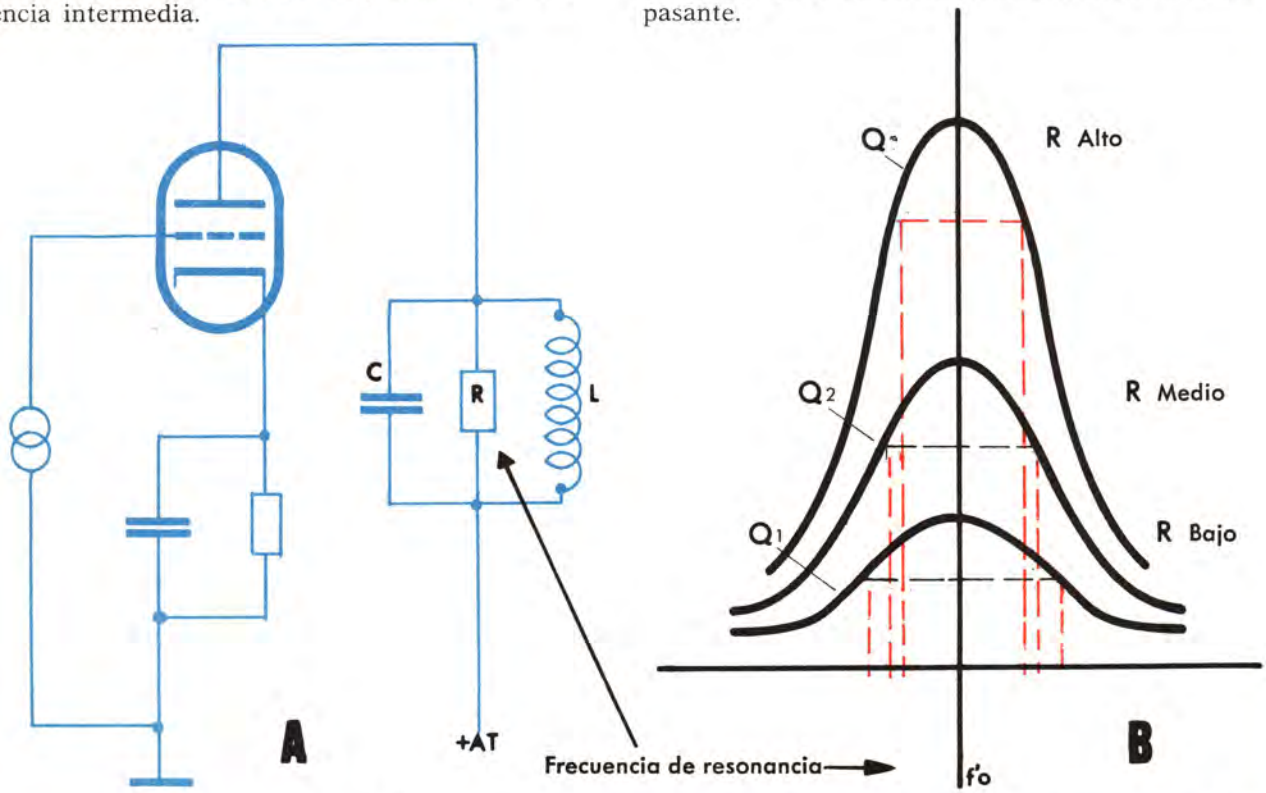


Figura 3. — Variación de banda de paso de un amplificador de alta frecuencia en función del valor de R o de Q del circuito oscilante.

Según lo anterior, cuando en un circuito se aumenta la amplitud de la banda se disminuye no solamente la selectividad, sino también la amplificación o ganancia. Por tanto, para obtener niveles apreciables de señal con una resistencia de carga pequeña es preciso que las válvulas que se empleen en estos circuitos sean de gran pendiente de amplificación; es decir, que con pequeñas variaciones de la tensión de rejilla se obtengan grandes variaciones de la corriente de placa.

Además las válvulas empleadas en estos circuitos deben tener valores bajos de capacidades interelectródicas tanto de entrada como de salida, al objeto de lograr la mayor uniformidad posible en cuanto a la respuesta a lo largo de la banda de paso, o sea, linealidad.

Si se tiene en cuenta que el valor de la resistencia R —que representa las pérdidas en paralelo con el circuito resonante— está ligado al ancho de banda y a la impedancia de la bobina ωL por la relación:

$$R = \frac{\omega L f_o}{2 \Delta f}$$

en la cual f_o es la frecuencia de resonancia y Δf la banda de paso, se comprende que para la obtención de la máxima ganancia del circuito debe procurarse que L, o sea la inducción del circuito resonante, sea máxima, ya que es la única variable de que se dispone en la anterior relación, a menos que se introdujeran cambios en la frecuencia de resonancia o en la banda de paso.

Por tales razones, en estos casos se llega incluso a prescindir del condensador; se efectúa la resonancia de la inducción con la capacidad parásita del circuito, comprendida la propia de la válvula, conexiones, bobina, etc.

O sea que para lograr el máximo de ganancia con una determinada banda pasante interesa que la ganancia de la válvula sea lo más elevada posible, así como el valor de la resistencia R en paralelo, para lo cual se procura que la relación L/C sea también lo más elevada posible (L del valor máximo y C de la mínima magnitud posible).

Un factor que también influye en la ganancia y cuya correlación se desprende de la anterior relación es el cociente entre f_o y Δf, ya que cuanto mayor sea este cociente mayor podrá ser la magnitud de R. He aquí por qué conviene aumentar la frecuencia de trabajo de un amplificador para obtener con una misma anchura de paso mayor amplificación, o con la misma ganancia mayor anchura de paso. Este es el motivo por el cual la frecuencia intermedia de los aparatos de televisión llega a valores que pueden parecer excesivos en comparación con los utilizados en radio.

En resumen, para un amplificador con el cual se desee disponer de un buen ancho de banda con la máxima ganancia —como es el caso del paso de alta frecuencia o frecuencia intermedia en televisión— se debe tener en consideración los siguientes factores fundamentales:

1. Emplear válvulas de pequeña capacidad interelectródica y de gran pendiente.
2. Circuitos con la máxima relación posible entre L y C.
3. Emplear una resistencia R adicional para obtener el ancho de banda conveniente.
4. Disponer de un acoplamiento fuerte entre los elementos del circuito para lograr o facilitar la conveniente anchura de banda.

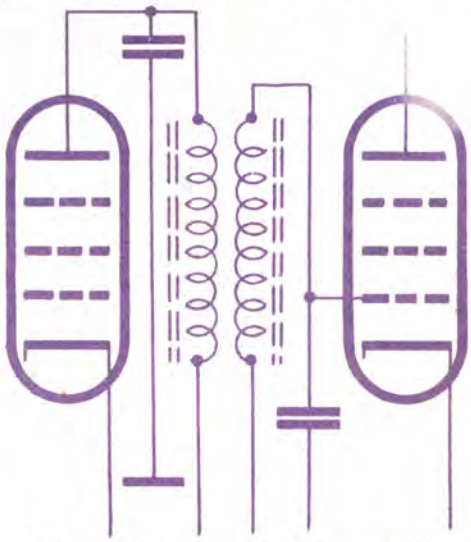


Figura 4. — Acoplamiento electromagnético entre dos pasos de amplificación en alta frecuencia.

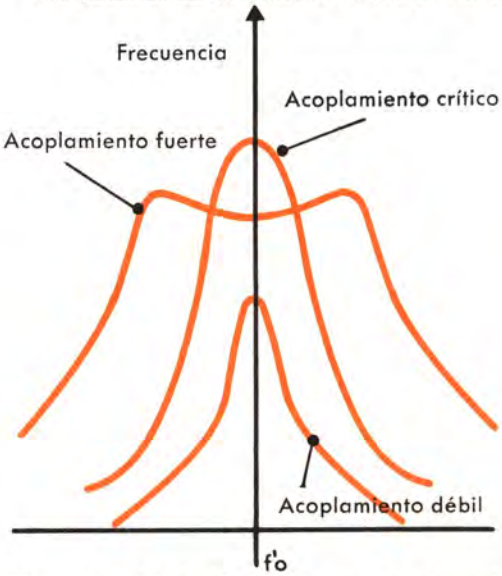


Figura 5. — Variación de la curva de respuesta entre dos pasos de amplificación en alta frecuencia en función del grado de acoplamiento.

Como usted ya sabe, en los circuitos de frecuencia intermedia (en el caso de la radio) el acoplamiento entre pasos de amplificación se efectúa por medio de circuitos resonantes acoplados tal como muestra la figura 4. Según sea el grado de acoplamiento entre ambos circuitos varía la forma de la curva de respuesta, tal como se indica en la figura 5, de modo que cuando aquél es excesivo se forma un badén u hoyo entre los dos máximos para pasar, a medida que disminuye, a la clásica curva de respuesta. Por tanto el ancho de la banda de transmisión entre ambos circuitos está en relación con su grado de acoplamiento electromagnético. Debe tenerse en cuenta que no interesa un ancho de banda con dos máximos, o sea con ganancia desigual a lo largo de la banda de paso; en algunos casos, por este motivo, en vez de efectuar este acoplamiento por la situación física de los dos bobinados, se obtiene aumentando la capacidad o inducción mutua entre ellos por los procedimientos indicados en la figura 6, o sea, colocando entre ambos circuitos una capacidad o inductancia.

Alguna que otra vez, en lugar de la capacidad o inductancia se coloca entre ambos circuitos un tercer circuito resonante que, además de acoplar convenientemente los dos circuitos fundamentales, actúa de trampa de ondas, cuya aplicación tendrá ocasión de estudiar con detalle al adentrarse en los circuitos del televisor.

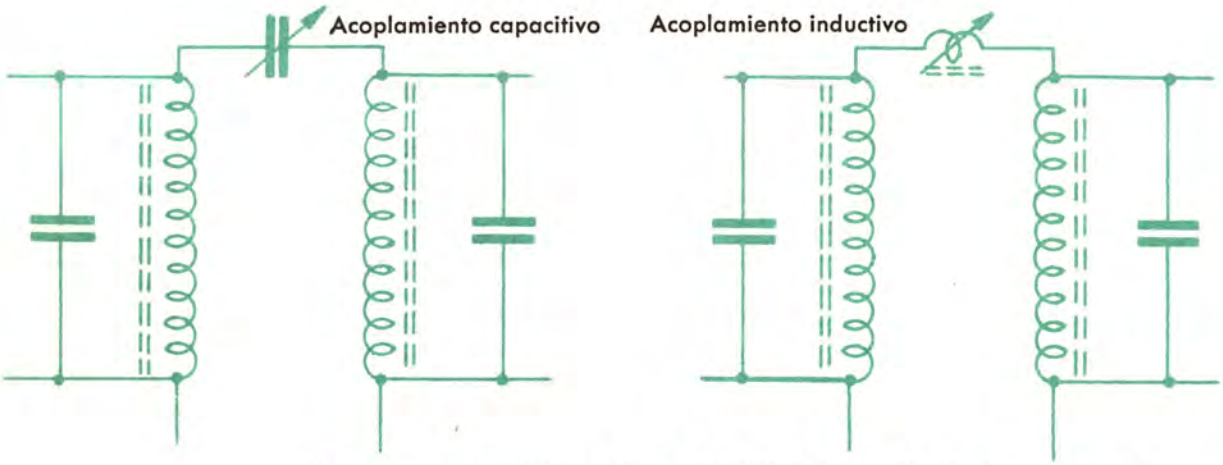


Figura 6. — Regulación del grado de acoplamiento entre circuitos variando la capacidad o inducción mutua entre ambos.

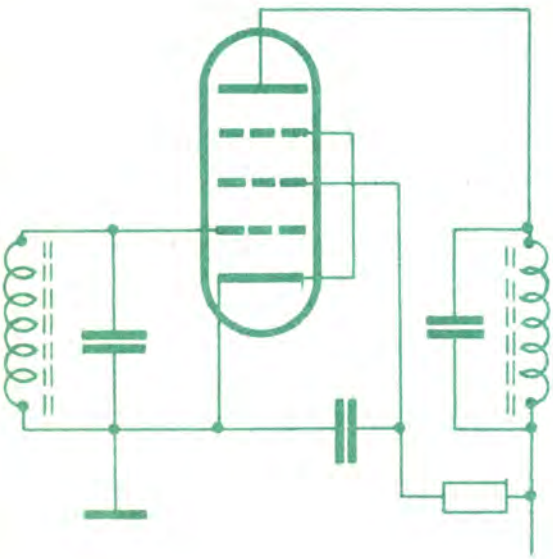


Figura 7. — Conexionado de un circuito clásico de amplificación en alta frecuencia.

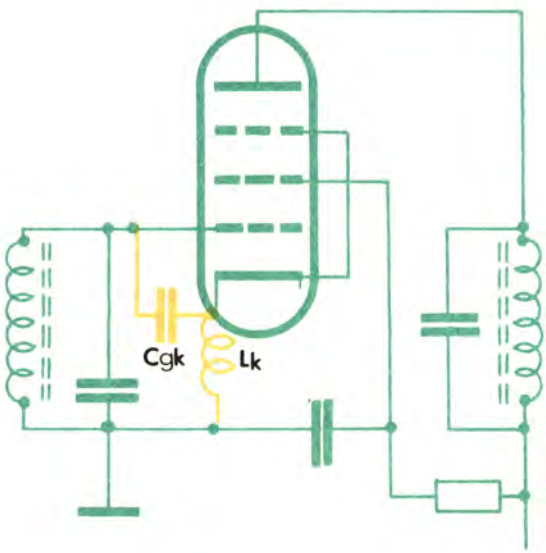


Figura 8. — Circuito con la capacidad e inducción parásita a tener en cuenta cuando se trata de frecuencias elevadas.

Las válvulas que mejor se prestan para este servicio —debido a su pequeña capacidad rejilla-placa— son del tipo pentodo. Pero en televisión, por causa de las elevadas frecuencias a amplificar, por efecto de las capacidades e inducciones parásitas, así como por el tiempo de tránsito, se originan inconvenientes, tanto en cuanto a ganancia como a anchura de banda, al aumentar la magnitud de la frecuencia a amplificar.

Considere el circuito de la figura 7, de un amplificador característico con pentodo, el cual en realidad no corresponde a lo que sucede en la práctica, porque hemos excluido las capacidades e inducciones parásitas que ya en la gama de VHF no son despreciables. Por ello lo transformamos en el de la figura 8, que incluye la capacidad rejilla-cátodo C_{gk} y la inducción debida a la conexión del cátodo, tanto interna como externa, L_k. Hemos excluido las otras capacidades por considerar que su influencia es mucho menos perjudicial.

La capacidad C_{gk} que se debe a la proximidad del cátodo y la rejilla no puede considerarse despreciable, y menos si se tiene en cuenta que está en paralelo con la entrada del amplificador. Además da lugar a una pequeña corriente entre ambos electrodos, formando con L_k un circuito resonante de frecuencia muy elevada; un circuito resonante serie que influye en la ganancia del amplificador tanto más desfavorable cuanto mayor sea la frecuencia de trabajo.

Además, la capacidad rejilla-cátodo no se mantiene constante en función de la polarización de la rejilla; lo cual, debido a encontrarse en paralelo con el circuito resonante de entrada, equivale a decir que, según sea la polarización de la etapa debida al CAG, varía la frecuencia de resonancia del circuito.

Para reducir la influencia de esta capacidad variable en paralelo con el circuito de entrada, se puede reducir el valor de la resistencia en paralelo con dicho circuito. Pero esta solución, tal como hemos indicado, lleva consigo una disminución de la ganancia de la etapa.

Otro elemento que en los circuitos de radio no se tiene en cuenta pero sí en televisión, es el tiempo de tránsito, o sea el tiempo que emplean los electrones emitidos por el cátodo en recorrer el espacio comprendido entre la rejilla y la placa de la válvula amplificadora. Este tiempo es tanto más despreciable cuanto mayor sea el tiempo empleado por la tensión de rejilla en efectuar un cambio de magnitud determinado, o sea, cuanto menor es la velocidad con que varía la tensión de rejilla; pero como en televisión, debido a las altas frecuencias con que se trabaja, esta velocidad de variación de la tensión de rejilla es muy elevada, dicho tiempo influye de modo apreciable debido a que mientras los electrones están recorriendo el trayecto cátodo-rejilla, ésta alcanza un valor diferente al que inicialmente originó dicho movimiento de electrones, lo que da lugar a variaciones de velocidad de los electrones por aceleración o deceleración. Con ello, una parte de los que debieran llegar a la placa vuelven o se quedan en la rejilla, lo cual equivale a decir que se crea una corriente de rejilla que da lugar también a una disminución de la amplificación y a un amortiguamiento del circuito oscilante por disminuir el valor de la resistencia de rejilla.

Estas influencias no son tan reducidas como para creer que sea posible lograr un paso amplificador en alta frecuencia de características excelentes en relación con las exigencias actuales. A pesar de los perfeccionamientos introducidos últimamente, tanto en la fabricación de válvulas especiales como en la disponibilidad de medios necesarios para realizar cableados sumamente compactos, estas influencias persisten en mayor o menor grado.

Otro factor contrario de las válvulas del pentodo es el ruido de fondo, que se manifiesta en la imagen en forma de granitos y que, como se explicó, tiene origen en las válvulas y en los transistores, en mayor o menor escala.

El rumor o ruido de fondo de una válvula del último paso de amplificación puede tener relativa importancia; pero el que se produce en el primer paso de amplificación tiene gran importancia, ya que inevitablemente se amplifica por el resto de pasos. No olvide que no se trata de una frecuencia determinada que podría eliminarse o filtrarse, sino de un conjunto de frecuencias que se transmiten a lo largo de los circuitos.

La magnitud del rumor producido por una válvula, en igualdad de factores, es tanto mayor cuanto más grande sea el número de sus componentes. Por ende, desde este punto de vista, las válvulas más adecuadas son las del tipo triodo, si bien éstas tienen por otro lado el inconveniente de que su ganancia es menor que la obtenible con pentodos. Por ello, y debido a este conjunto de circunstancias, la etapa de alta frecuencia en televisión es de concepción totalmente diversa a la empleada usualmente en radio, aunque nos hayamos basado totalmente en ella para exponer estos problemas.

A continuación estudiaremos en forma detallada los varios tipos de amplificadores de alta frecuencia que actualmente se emplean en los circuitos de televisión, comenzando con la descripción de los varios tipos de acoplamiento entre la antena y este primer paso de amplificación.

EL CIRCUITO DE ENTRADA

La adaptación de la impedancia de la línea de bajada de antena a la del circuito resonante de entrada del amplificador se efectúa por medio del denominado *circuito de entrada.*

De una parte se halla la antena y de otra el circuito resonante. Para la máxima transferencia de energía estos circuitos deben estar correctamente acoplados y equilibrados en cuanto a impedancias.

Debido a los diversos valores de la impedancia de la antena —que acostumbra estar comprendida entre 75 y 300 Ω— en relación con la impedancia de entrada de la válvula, se hace necesaria una adaptación entre ambas que las equilibre por completo.

En la actualidad casi todos los circuitos de entrada de las válvulas de alta frecuencia son del tipo asimétrico, ya que ésta es la forma más adecuada para introducir la señal en la rejilla de la válvula; pero los televisores llevan la entrada prevista para circuito simétrico de 240 a 300 Ω. Esta incongruencia se debe a que teóricamente la entrada simétrica elimina los disturbios que pueda captar la bajada de antena, aunque en la práctica, debido a inevitables diferencias en la línea y en el transformador de acoplamiento, no se suprimen por entero, pero sí son atenuados.

La adaptación de impedancias requiere un transformador como los descritos al estudiar las antenas, por medio del cual, según se muestra en la figura 9, se obtiene una transferencia óptima de la señal de TV y un rechazo de las señales parásitas o de disturbio.

En efecto, las corrientes parásitas captadas por la bajada de antena tienen el mismo sentido y se cierran a través del punto medio del dipolo y del transformador, dando lugar con ello a campos magnéticos en el transformador de sentido contrario, que se anulan y no inducen tensión en el secundario; mientras que la señal de TV que se capta en el dipolo se transmite a lo largo de la línea con un conductor de ida y el otro de retorno, o sea, con corrientes en sentido contrario que dan lugar a flujos magnéticos del mismo sentido en el transformador, y por tanto se transmite totalmente la energía de la señal al secundario.

Además, el transformador adaptador de impedancias cumple la función de aislador de la corriente eléctrica. En efecto, en muchos televisores uno de los polos de la red de alimentación está unido al chasis o masa del receptor, y si se conectara directamente una línea asimétrica con cable coaxial, se uniría la pantalla de este cable al chasis —lo que quiere decir a un polo de la red—, con lo cual la antena estaría en tensión y se produciría cortocircuito, ya que el mástil debe estar conectado a tierra, y en todo caso el dipolo uniría eléctricamente la rejilla del amplificador de alta frecuencia al polo de la red.

También, y por motivos de aislamiento, se colocan condensadores entre la bajada de antena y el transformador de acoplamiento.

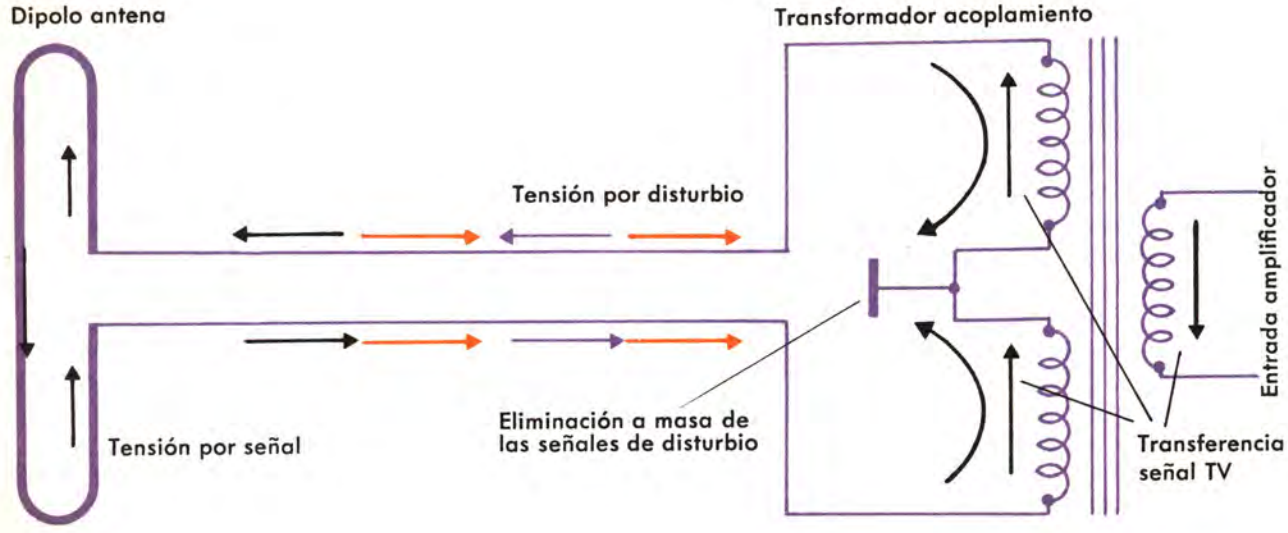


Figura 9. — Distribución de corrientes debidas a la señal y a disturbios en un acoplamiento antena/televisor.

EL AMPLIFICADOR

Las exigencias que ya hemos indicado en cuanto a las funciones del paso de amplificación en alta frecuencia, así como los inconvenientes presentados por los amplificadores clásicos con pentodo, han llevado a los diversos centros de estudio a la concepción de circuitos especiales, que intentan reunir las ventajas de pentodos y triodos, prescindiendo de los inconvenientes de ambos.

Los circuitos más corrientemente empleados para esta función son el *grounded-grid*, o circuito con *rejilla a masa;* el *cathode-follower*, o *seguidor catódico*, y el amplificador *cascode* o en *cascada*.

Como se indica en la figura 10, el circuito con *rejilla a masa* tiene la entrada, con su correspondiente circuito oscilante, conectada entre cátodo y masa, mientras que la salida se obtiene, como es habitual, en la placa a través del correspondiente condensador separador de la c.c.

En el montaje *rejilla a masa*, tanto la placa o ánodo como el cátodo tienen cierto potencial con respecto a masa. Por otra parte, al estar sintonizados ambos circuitos, el conjunto debiera —en principio— oscilar; ello no es así porque la rejilla conectada a masa actúa de pantalla separadora impidiendo que el circuito oscile; y tampoco ocurriría por realimentación a través de la capacidad placa-cátodo, ya que no están en fase.

Veamos qué ventajas puede aportar el circuito amplificador con rejilla a masa.

La impedancia del circuito de carga es pequeña, con lo que se puede disponer de buena anchura de la banda de paso.

Las pequeñas capacidades interelectródicas hacen fácil disponer de un valor óptimo de ganancia, junto con una elevada relación entre la inducción y la capacidad de los circuitos sintonizados.

Además, como ya hemos indicado, la relación señal/ruido es mayor por tratarse de un triodo.

En algunos casos, y según sean las condiciones del circuito, puede ser necesario amortiguar la impedancia de placa por medio de una resistencia en paralelo. Es aconsejable efectuar el encendido de los filamentos de estas válvulas a través de circuitos filtro para evitar acoplos indeseables con otras válvulas.

La principal desventaja de estos circuitos radica en que la ganancia que se obtiene no es elevada.

Un circuito típico de *seguidor catódico* se muestra en la figura 11. Se diferencia del tipo clásico en que la carga se aplica al cátodo en vez del ánodo —teniendo en cuenta que en este caso

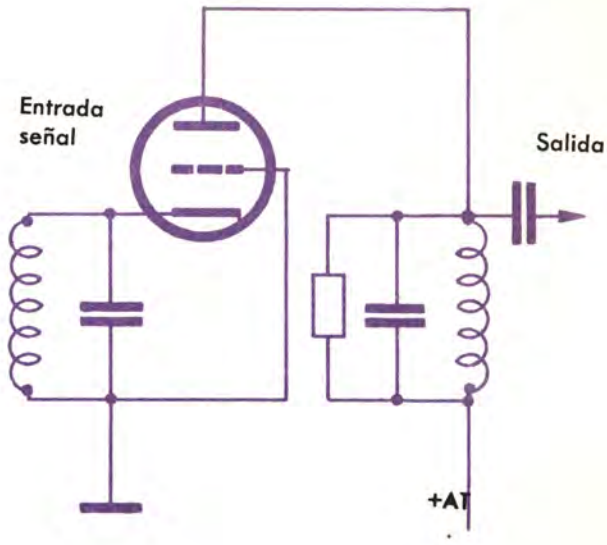


Figura 10. — Circuito clásico de un amplificador de alta frecuencia con rejilla a tierra ("grounded-grid").

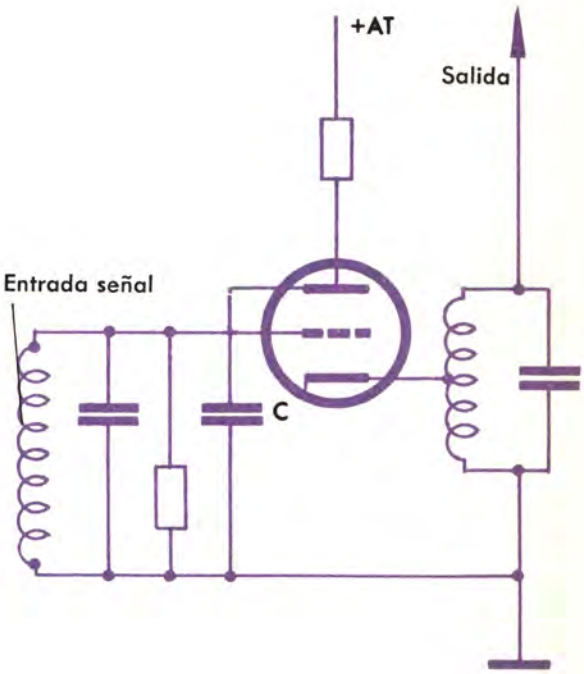


Figura 11. — Circuito típico de un amplificador de alta frecuencia de seguidor catódico ("cathode-follower").

la entrada de señal se efectúa a través de la rejilla—. El circuito de placa se alimenta por medio de una resistencia, pero con relación a las altas frecuencias está conectado a tierra a través del condensador C, de pequeña impedancia para la gama de frecuencias de paso.

En este caso, para obtener cierta amplificación —que en ningún caso es elevada— la señal de salida se extrae del cátodo.

Así como en el caso anterior se necesitaba atenuar el circuito de salida, ya que el de entrada era de baja impedancia por estar conectado al cátodo, en el caso presente ocurre lo contrario: se debe «shuntar» con una resistencia el de entrada para aumentar la anchura de la banda pasante.

A este circuito se pueden aplicar las consideraciones anteriores en cuanto al circuito de filamentos, relación señal/ruido y ganancia de amplificación.

En estos circuitos están exentos los inconvenientes explicados al comentar el clásico amplificador de RF con pentodo; pero ambos adolecen de que se obtiene la amplificación baja, por lo que pocas veces constituyen una solución adecuada al problema planteado: *les falta ganancia.*

Si la ganancia de un paso de amplificación es insuficiente, se emplean dos pasos (siempre que sea posible y si los problemas que ello trae consigo son fácilmente superables; esto es lo que se ha hecho con el amplificador *cascode*).

Este tipo de amplificador ha resuelto una cuestión de la mayor importancia: la *relación señal-ruido*. Por muy bien proyectado que esté todo el resto del receptor, este factor señal/ruido, así como la sensibilidad del televisor, depende de la calidad en cuanto a estos mismos factores del primer paso de amplificación.

El amplificador *cascode* ofrece las ventajas de funcionamiento con pentodos, pero utiliza triodos con su característico bajo factor de nivel de ruidos.

La figura 12 muestra un típico amplificador *cascode* formado por dos triodos conectados en serie o cascada. El primer triodo actúa como un transformador de entrada de impedancia constante, adaptando la señal entrante al circuito catódico del segundo paso con la rejilla a tierra. Este segundo paso proporciona la mayor parte de la ganancia del conjunto, mientras que el primer triodo establece la relación señal/ruido de la señal recibida.

Empleando dobles triodos especialmente proyectados para esta función se logran ganancias del orden de las 15 a 20 veces, o sea del orden de las obtenidas con pentodos, pero con la ventaja de los triodos.

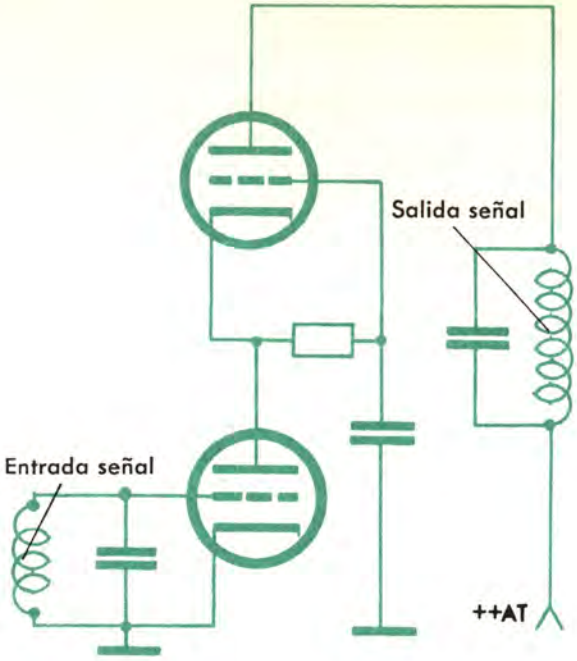


Figura 12. — Circuito de un amplificador de alta frecuencia en conexión "cascode" o cascada.

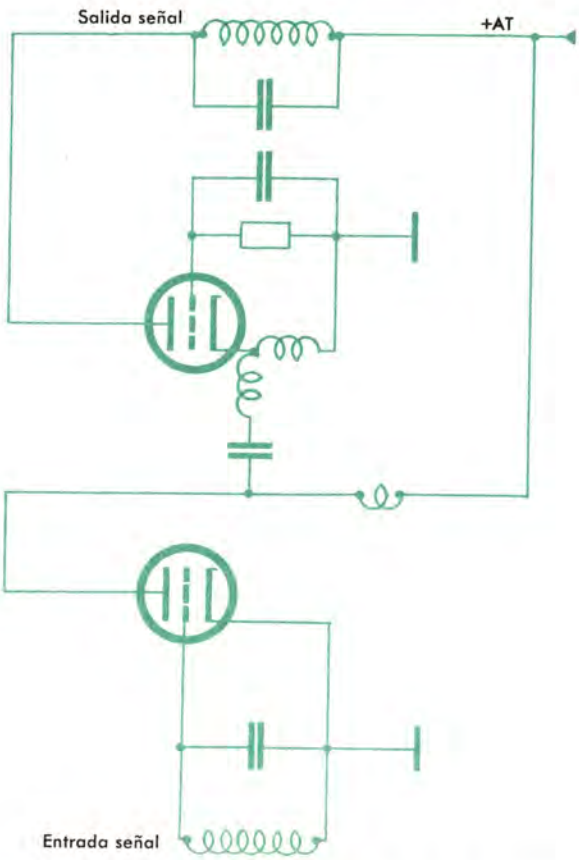


Figura 13. — Alimentación en paralelo de un amplificador "cascode".

Puede usted imaginar la elevada ganancia del circuito si tenemos en cuenta que con la conexión en serie la amplificación total es igual al producto de las ganancias de cada paso, y también considerando que en el conjunto de los dos triodos en serie se inyecta la señal en la rejilla del primero y se recoge del circuito de placa del segundo, actuando el resto de elementos como si se tratase de un pentodo.

La diferencia esencial entre el pentodo y el *cascode* está en que en aquél la corriente de cátodo se distribuye entre la rejilla pantalla y la placa. Pero como quiera que esta distribución no es siempre constante —puesto que unas veces la pantalla recoge más electrones que la placa y otras a la inversa—, la corriente de placa no es constante (incluso sin señal). Estas variaciones dan lugar al característico *soplido* de estas válvulas. En el *cascode* no hay distribución de corriente, con lo que el soplido es mucho menor, ya que la corriente de cátodo del primer triodo sigue siendo la corriente de placa del segundo. El único elemento que puede introducir ruido es el cátodo, debido a la fluctuación de sus emisiones. Por estas razones el circuito *cascode* posee la ganancia del pentodo y el ruido de fondo del triodo.

Como puede suponerse la alimentación de los dos triodos en serie requiere elevada tensión anódica. También podría efectuarse dicha alimentación en paralelo, como se indica en la figura 13; pero dado que el circuito se complica con la introducción de condensadores de paso e inductancias de bloqueo, por lo general la conexión de alimentación se efectúa en serie.

Exponemos, finalmente, el funcionamiento de este amplificador, tan empleado en los circuitos de amplificación de alta frecuencia de los aparatos televisores antes de efectuar la conversión de frecuencia.

A través del correspondiente sistema de acoplamiento la tensión de la antena se induce al circuito oscilante de entrada, que transmite la señal a la rejilla de mando del primer triodo. Aquí la señal prácticamente no se amplifica, ya que, como hemos dicho, este triodo actúa de aislador acoplador de impedancias y lleva la señal por medio de L_1 (figura 14) al cátodo del segundo triodo, el cual, aunque la rejilla no está a tierra, a efectos de la señal a amplificar se comporta como si lo estuviera, ya que la rejilla está unida a tierra por medio de C y este condensador tiene un valor lo suficientemente elevado como para presentar una pequeña impedancia ante las frecuencias de la señal a amplificar.

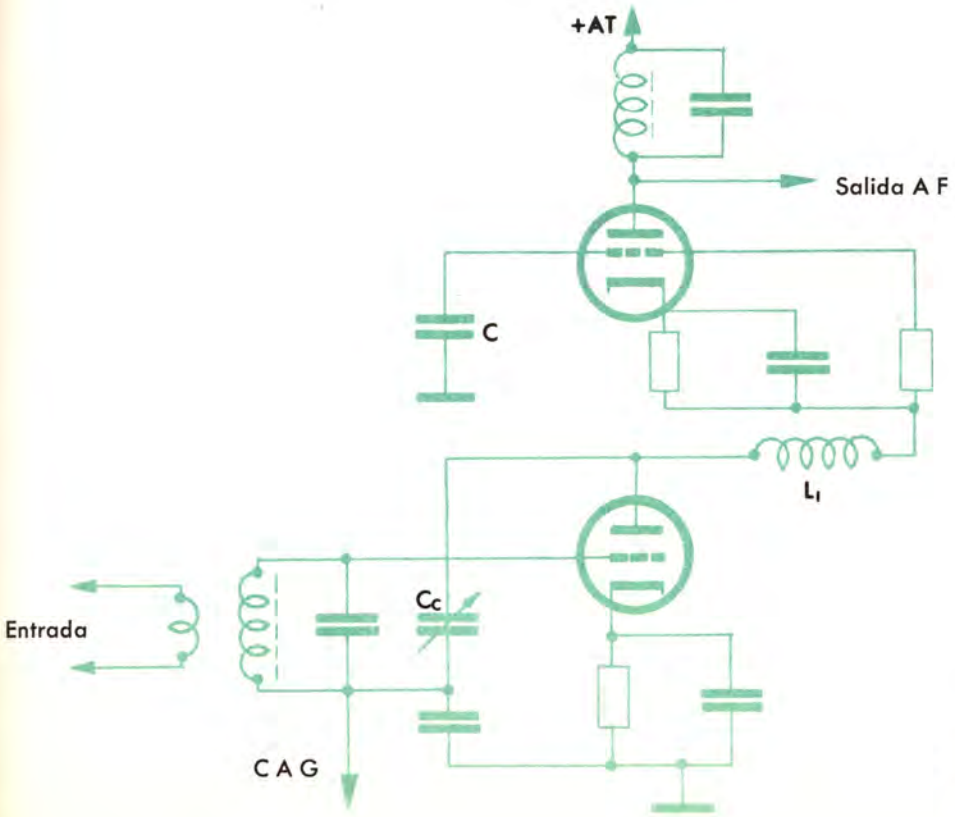


Figura 14. — Circuito de un amplificador para alta frecuencia del tipo "cascode".

Por tanto, el segundo triodo es un amplificador alimentado por el cátodo, con la rejilla a tierra; la señal de salida se obtiene a través del correspondiente circuito sintonizado de la placa.

Como antes se explicó, se consideran y aprovechan las capacidades parásitas para incluirlas en el valor de la capacidad necesaria para la resonancia de los circuitos. En consecuencia, el ajuste de frecuencia se realiza variando la inductancia por medio de núcleos magnéticos.

Dada la baja resistencia de entrada de los dos triodos, los circuitos oscilantes están de por sí amortiguados y se obtienen sin dificultad bandas de paso de 6 a 7 Mc/s características para estos circuitos en televisión.

Los circuitos sintonizados, tanto de entrada como de salida, deben ajustarse para cada canal que se pretenda sintonizar —es decir, deben ser exclusivos para cada canal—, mientras que L_1 puede ser la misma, puesto que compensa las capacidades de salida y entrada de ambos triodos. Cierto es que L_1 debe resonar con dichas capacidades a la frecuencia de la señal a amplificar; pero en la práctica su ajuste no es crítico y basta normalmente con efectuarlo para la zona de los canales de frecuencia más elevada, puesto que en los más bajos influye poco la magnitud de las capacidades parásitas.

En el cátodo de ambos triodos se observa la presencia de los grupos clásicos de polarización y el condensador C_c de compensación.

Por causa de la capacidad rejilla-placa, una parte de la señal pasa de placa a rejilla, dando lugar a una contrarreacción en detrimento de la ganancia. Además, la resistencia de entrada no solamente depende en los triodos de la capacidad rejilla-cátodo, como sucede con los pentodos, sino también, en proporción mucho mayor, de la capacidad placa-rejilla; por tanto, nos hallamos ante el mismo fenómeno expuesto en el caso del pentodo: al variar la polarización varían las condiciones del circuito de entrada, lo cual pudiera dar lugar —si este desequilibrio es grande— a inconvenientes en cuanto a la adaptación antena/televisor con la consiguiente pérdida de señal por inadaptación, reflexión, etc.

Para reducir las pérdidas por causa de estos fenómenos, así como por la contrarreacción, y para reducir el ruido de fondo, se coloca el condensador C_c de compensación. Esta será tanto más perfecta cuanto más iguales sean las transferencias entre esta capacidad y la de placa con rejilla, ya que al ser de signo contrario se contrarrestan.

Esta compensación es innecesaria en el caso del triodo con rejilla a tierra.

EL AMPLIFICADOR TRANSISTORIZADO DE AF

Tanto para la banda de VHF como para la de UHF han venido empleándose válvulas de diseño más o menos especial para la amplificación de las señales de televisión; pero cada día con mayor empuje se observa una paulatina sustitución de estos componentes por los transistores, debido a los perfeccionamientos tecnológicos alcanzados en su fabricación.

Puede decirse que en los circuitos transistorizados no solamente se obtiene mayor ganancia, sino también un factor mayor para la relación señal/ruido, lo cual se traduce en mayor sensibilidad del aparato y mejor imagen con reducida señal de entrada.

Los circuitos empleados son prácticamente los descritos anteriormente con el empleo del triodo, dada la semejanza entre esta válvula y el transistor.

A título de ejemplo reproducimos en la figura 15 el esquema del amplificador de alta frecuencia empleado para el receptor de televisión del *Sputnik* 2. El circuito de la figura 16 muestra un montaje del tipo *cascode*, descrito anteriormente, pero con transistores.

Cuando se trata de amplificar las elevadas frecuencias de la gama del UHF, la técnica del conexionado y además la realización mecánica de las líneas de transmisión son semejantes también a las indicadas anteriormente para los amplificadores de antena.

Desde hace poco tiempo existe una clara tendencia a emplear circuitos de *cavidad* de un cuarto de onda, ajustables capacitivamente, en lugar de los de media onda.

Debido a su menor capacidad e inductancia de salida con relación a las válvulas, el transistor se puede acoplar capacitiva o directamente al filtro de banda del circuito de cavidad, sea en la vecindad del vientre de corriente o en el de tensión.

Los esquemas de las figuras 17 y 18 muestran dos circuitos con etapa previa y con cavidad de un cuarto de onda.

La entrada de antena simétrica, transformada en asimétrica, se acopla directamente al circuito de cavidad de la entrada y capacitivamente al emisor del transistor a través de un pequeño condensador (fig. 17) o de una espira (fig. 18). Con

el circuito previo sintonizado se puede mejorar la modulación cruzada, y la tensión de entrada admisible de antena es más alta que la de un sintonizador con entrada en circuito π.

El acoplamiento en el caso de un circuito de cavidad $\lambda/4$ cerca del máximo de corriente presenta la ventaja de que, al ajustar dicho circuito, la impedancia de la línea en la vecindad de la conexión con la antena varía muy poco, por lo que el amortiguamiento, así como el ancho de banda, pueden mantenerse muy constantes en el margen de regulación.

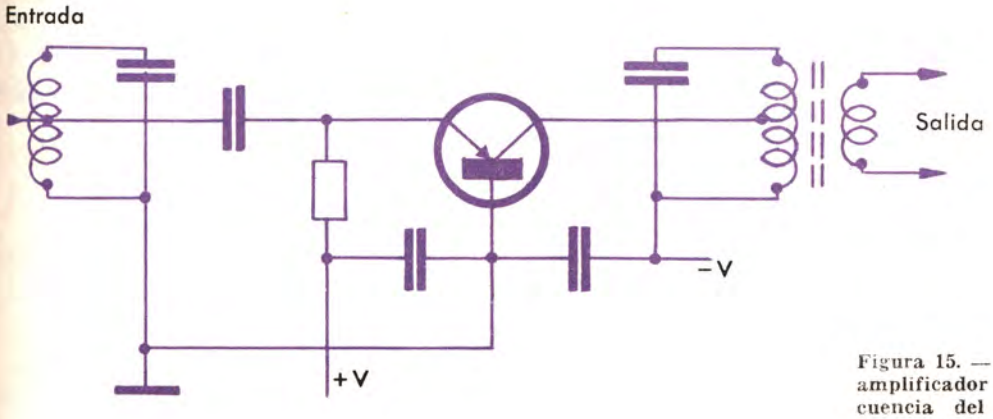


Figura 15. — Esquema del amplificador de alta frecuencia del receptor de televisión del satélite Sputnik 2.

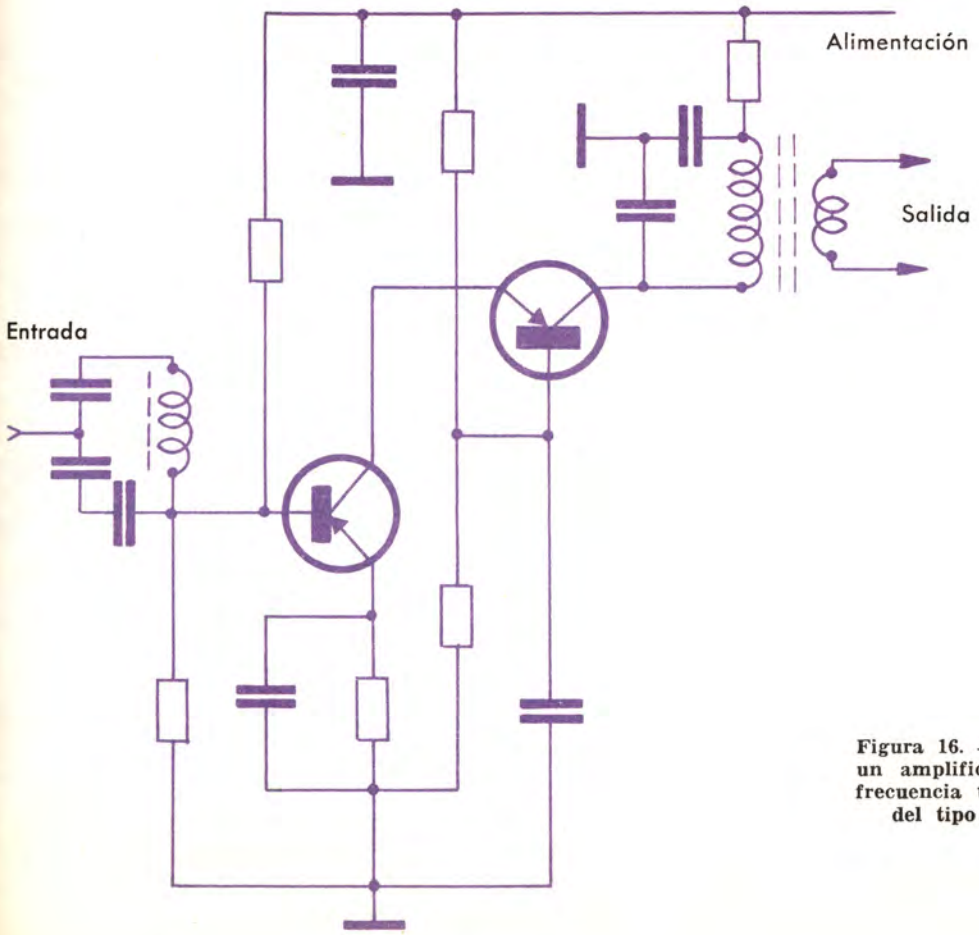
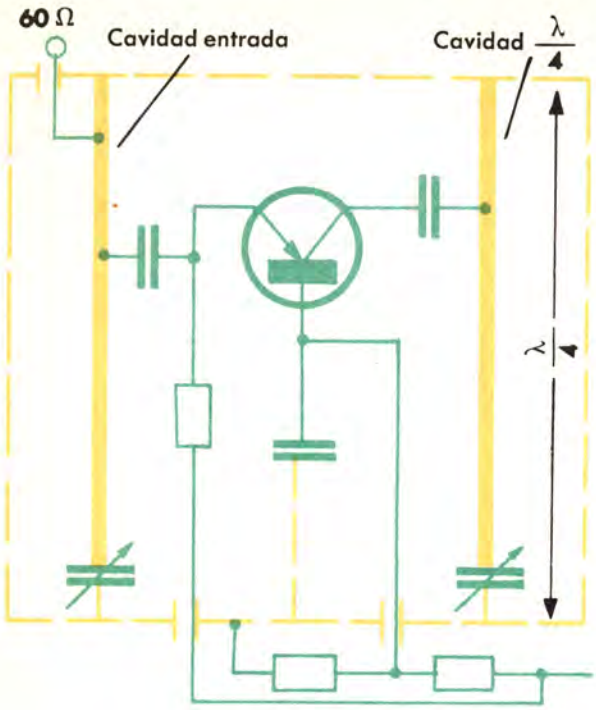
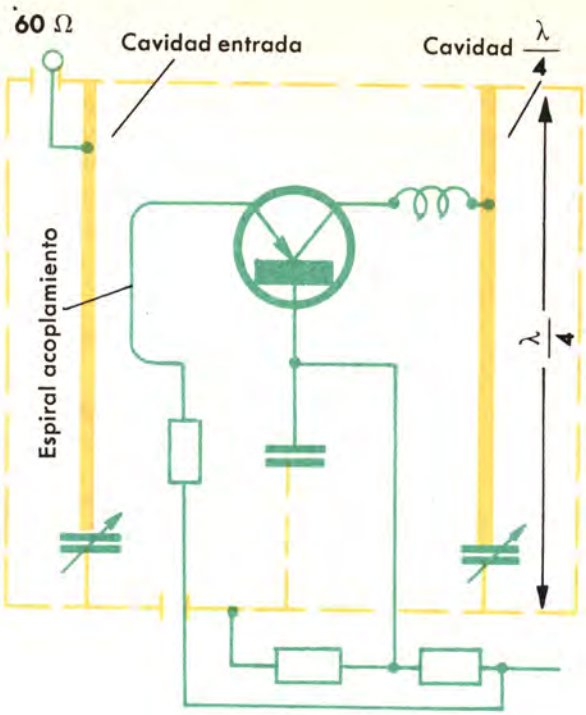


Figura 16. — Circuito de un amplificador de alta frecuencia transistorizado del tipo "cascode".





Figuras 17 y 18. — Circuitos de amplificación en UHF con transistores y líneas de transmisión por cavidades en cuarto de onda.

LA CONVERSION DE FRECUENCIA

Siguiendo el camino de la señal a través de los circuitos del televisor —hemos visto que en realidad se trata de un circuito superheterodino—, después de la amplificación de alta frecuencia debe efectuarse la conversión de ésta en otra de valor constante, cualquiera que sea el canal o programa que se esté recibiendo.

Esta frecuencia —llamada, como en radio, *frecuencia intermedia*— se obtiene por *batido* entre dos frecuencias: la recibida a través de la antena y la que se genera en el interior del aparato por medio del oscilador local.

Repase sus conocimientos de radio: para que tenga lugar la conversión es necesario que la amplitud de la frecuencia del oscilador local sea más elevada que la señal a convertir, o sea, la procedente del primer paso de amplificación.

Si se cumple esta condición, la señal convertida, o frecuencia intermedia, conserva íntegramente la envolvente de modulación propia de la señal captada del emisor.

Los circuitos deben proyectarse con la mayor exactitud posible, para lograr el máximo rendimiento en la conversión y reducir al mínimo indispensable la radiación del oscilador local.

Recordemos también que la única forma de evitar, dentro de lo posible, la interferencia entre aparatos próximos consiste en la adopción del paso de amplificación en alta frecuencia de que actualmente están dotados todos los receptores.

El batido de dos frecuencias da lugar a otras dos, las cuales tienen como valor el resultante de la suma y de la diferencia entre las frecuencias batidas.

Recogemos una de estas dos nuevas frecuencias por medio de un circuito oscilante colocado en la carga de la válvula conversora, de forma que esté ajustado o en resonancia con la frecuencia que interese. (Fig. 19.)

La obtención de la frecuencia intermedia requiere que el oscilador local sea más estable, ya que cualquier variación en el valor de su frecuencia equivale a una variación de igual magnitud en el valor de la frecuencia intermedia. Lo que puede ser o parece aceptable para la primera resulta inaceptable para la segunda.

Es decir, *la estabilidad del oscilador local tiene gran importancia.*

Tanto en TV como en radio se puede presentar la perturbación por frecuencia imagen, ya que el mismo valor de frecuencia intermedia —pongamos 25— tanto puede obtenerse de una señal de 125 con el oscilador a 100, como de otra señal de 75 con el mismo oscilador, ya que la diferencia (25) continúa tanto entre 125 y 100 como entre 100 y 75. Esta perturbación se elimina prácticamente en su totalidad tanto con el paso en alta frecuencia como con el adecuado apantallado del conjunto del amplificador y conversor.

En televisión se efectúa la conversión tanto por adición como por diferencia. Se procura que los distintos valores de la frecuencia del oscilador local necesarios para cada canal varíen lo menos posible.

Una vez recordados someramente los fundamentos y función de la conversión, veamos con más detalle estos dos nuevos circuitos del televisor, o sea el oscilador y el conversor.

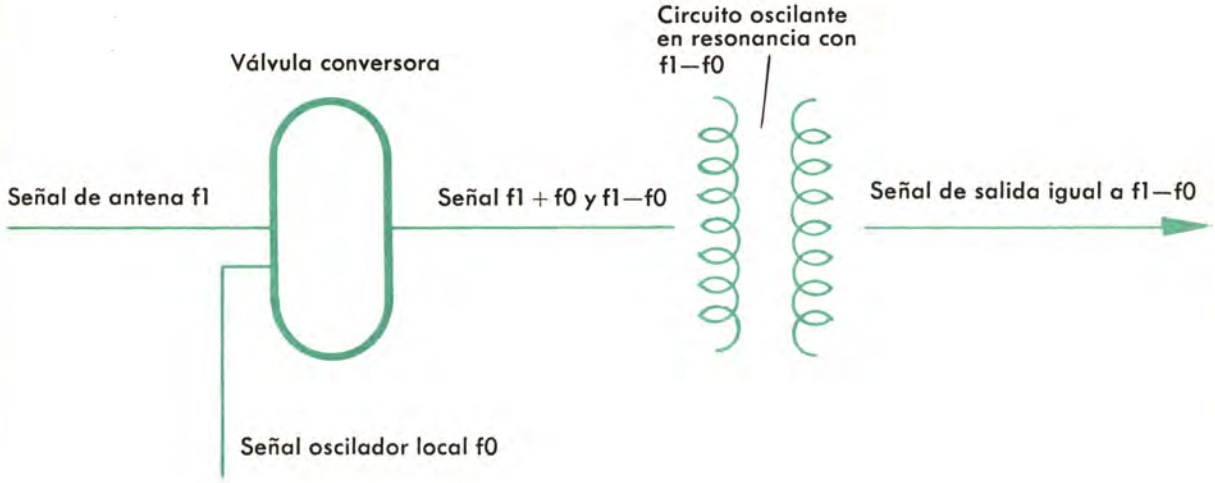


Figura 19. — Demostración gráfica de la conversión de frecuencia con una válvula y un circuito oscilante.

EL OSCILADOR LOCAL

Para la obtención de la frecuencia local necesaria para la conversión, el televisor debe disponer de un circuito generador, llamado *oscilador local.*

Los circuitos osciladores más empleados en televisión son el *Hartley* y el *Colpitts,* cuyos esquemas fundamentales se detallan en las figuras 20 y 21.

Como en el caso de cualquier circuito oscilante, la frecuencia de oscilación coincide con el valor de frecuencia para el que la reactancia del condensador es igual que la reactancia de la bobina, o sea cuando

$$2\pi\ f_o\ L = \frac{1}{2\ \pi\ f_o\ C},$$

de lo cual se deduce que

$$f_o = \frac{1}{2\ \pi\ \sqrt{LC}}\ ;$$

siendo, como en todos los casos, el valor de L y C no solamente el debido al propio elemento, sino al conjunto de los componentes del circuito y válvula que tienen relación o influencia con el circuito resonante.

En radio, por lo general, la variación de la frecuencia del oscilador local se consigue variando el valor de la capacidad C, mientras que en TV *la variación en los selectores de VHF se efectúa por medio de cambio de bobinas,* y *en los sintonizadores de UHF por cambio o variación continua*

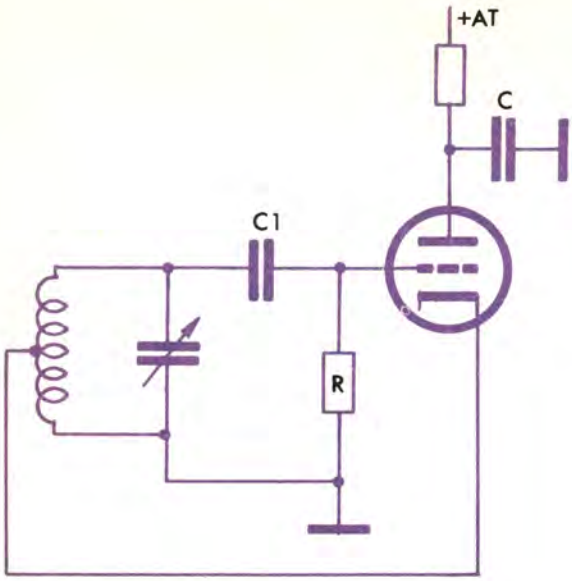


Figura 20. — Disposición típica de un oscilador Hartley.

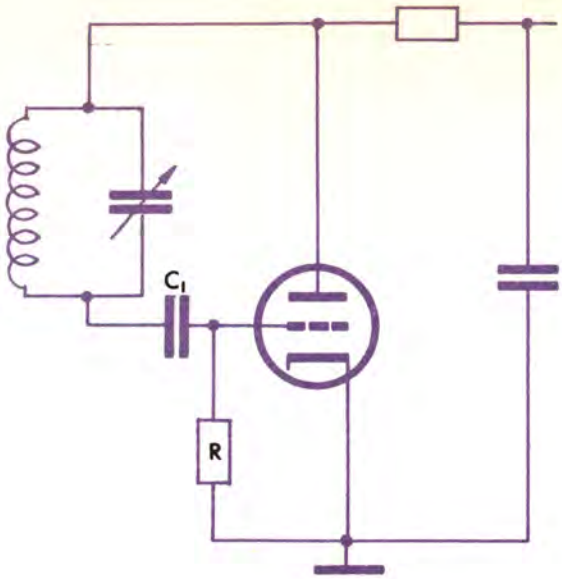


Figura 21. — Disposición típica de un oscilador Colpitts.

de la capacidad. Como siempre es necesario un reajuste de la frecuencia en el caso de selectores; además del cambio de L el circuito dispone para este ajuste de un pequeño condensador variable denominado *sintonía fina.*

Conocemos el funcionamiento de ambos circuitos oscilantes. Recordemos que en el Hartley el ánodo no interviene en la oscilación, ya que dicho electrodo, a efectos de la alta frecuencia, está conectado a masa por medio del condensador C. Esta es la base según la cual este oscilador emplea una rejilla como placa, con lo cual el flujo de electrones que se dirige al verdadero ánodo de la válvula está modulado por la tensión de radiofrecuencia. Con ello se obtiene la conversión de frecuencia y el oscilador local en una sola válvula, pues la rejilla, que actúa de placa del oscilador, hace de protección o blindaje impidiendo cualquier acción mutua de disturbio o interacción entre circuitos.

Tenga también presente que entre el condensador C_1 y R se produce la polarización o punto de trabajo de la válvula, por lo que con este conjunto se obtiene lo que podríamos llamar el control automático de ganancia (CAG), ya que al variar la amplitud de la oscilación se traslada el punto de trabajo de la válvula polarizada por medio de R y se compensa esta variación.

Los osciladores están sometidos a variaciones de frecuencia debidas a la variación de temperatura —en particular, al iniciar su funcionamiento se observa que su frecuencia se reduce al aumentar la temperatura—. Este inconveniente se reduce con el empleo de condensadores cerámicos, cuya capacidad disminuye con el aumento de temperatura, o sea que tiene un coeficiente térmico negativo.

Un sistema que, además de mejorar la estabilidad en radiofrecuencia, prescinde del control de sintonía fina de los televisores se indica en la figura 22. Se reduce al empleo de una válvula de reactancia que, excitada por la respuesta del discriminador de audio, retiene la frecuencia del oscilador local dentro de límites muy estrechos, prácticamente constante en frecuencia.

De hecho, el control de sintonía resulta superfluo si se corrige automáticamente cualquier desviación que experimente la frecuencia de audio.

Este circuito utiliza dos triodos; uno funciona como oscilador local y otro como control automático de frecuencia, ya que si por cualquier causa (calentamiento, variación de tensión, etc.) varía la frecuencia del oscilador local, esta variación afecta a la frecuencia intermedia control de audio y como consecuencia varía el volumen sonoro del receptor; pero como esta variación de frecuencia en el discriminador influye en la componente continua de su tensión de respuesta, ésta hace variar la polarización de la válvula de reactancia, lo cual da lugar a una variación de reactancia en el circuito oscilante que corrige automáticamente la frecuencia del oscilador local.

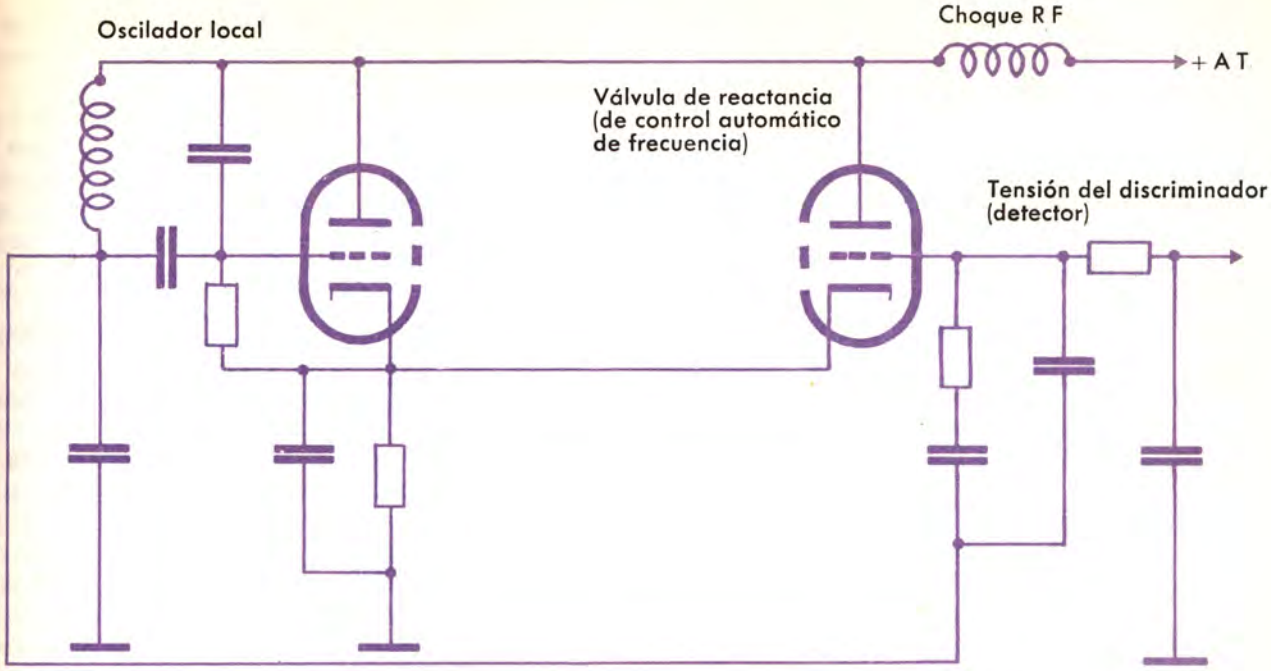


Figura 22. — Circuito para el control automático de frecuencia del oscilador local.

LA CONVERSION

Los circuitos convertidores a base de triodo-hexodo o triodo-heptodo y los denominados pentagrilla o hexodos, usualmente empleados en radio, no son idóneos para la conversión en las muy altas frecuencias con que se trabaja en televisión. Los motivos son prácticamente los mismos que hemos indicado en el caso del amplificador de alta frecuencia, ya que, aparte de que a frecuencias elevadas estas válvulas entran en *oscilación propia,* existe la cuestión del ruido de fondo o soplido propio de la válvula, amortiguamiento del circuito de entrada por variación de la resistencia de entrada, tiempo de tránsito exagerado, etc.

Así pues, como veremos, igual que en el caso de los amplificadores de alta frecuencia, la solución radica en el empleo de triodos o a lo sumo pentodos.

Se podría emplear un pentodo como oscilador-mezclador, inyectando la señal a convertir en el circuito oscilante a través de un condensador —como muestra la figura 23—, pero debido precisamente a la reunión de ambas funciones en la misma válvula, se crean problemas de interacción que no aconsejan este sistema en el televisor.

Se ha llegado a la conclusión de que en televisión las dos funciones deben efectuarse por separado, disponiendo de un triodo para el osci-

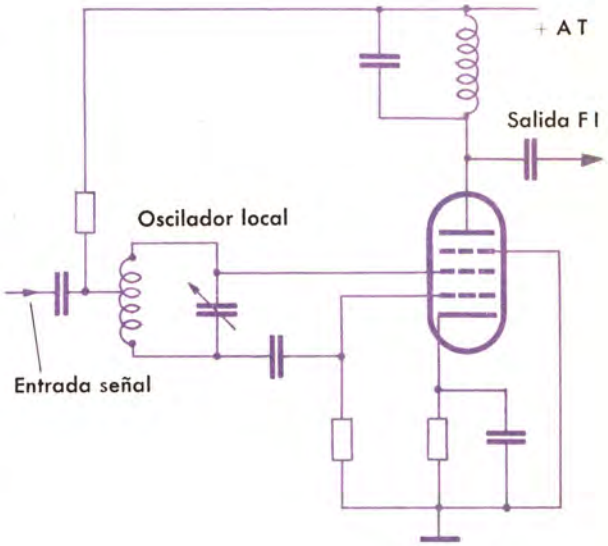


Figura 23. — Circuito mezclador-oscilador con válvula pentodo.

lador local y de un triodo o pentodo para el batido. Para estas funciones se han desarrollado válvulas especiales dobles triodos o triodo más pentodo.

La señal a convertir se aplica a la rejilla de control de la válvula conversora, mientras que la procedente del oscilador local puede aplicarse tanto a esta misma rejilla como al cátodo, en el caso de emplear un triodo como conversor, o a la rejilla pantalla en el de un pentodo. Pero generalmente, si bien la acción de las dos frecuencias sobre un mismo elemento —como la rejilla control— lleva consigo cierto acoplamiento entre ambos circuitos, se adopta esta solución, ya que además de ser la más sencilla se obtiene una transconductancia de conversión más elevada y el acoplamiento no provoca graves inconvenientes porque, al ser de valor elevado la FI, la diferencia entre ambas frecuencias también es alta.

La figura 24 muestra un circuito oscilador-conversor con doble triodo. El oscilador, basado en un circuito Colpitts, manda la señal hacia el triodo conversor por medio del condensador de acoplamiento C; ambas señales —la de antena y la del oscilador— llegan a la rejilla de la válvula mezcladora.

La principal ventaja de este circuito radica en el bajo ruido que introducen los triodos; pero su ganancia es inferior a la obtenible con el circuito de la figura 25, en la que la conversión se efectúa con un pentodo. Por tanto, el aumento de ganancia está unido a un mayor soplido o ruido de fondo.

El acoplamiento se realiza en ambos casos por medio del condensador C. Es decir, se trata de circuitos acoplados capacitivamente. Tal acoplamiento entre los dos circuitos también puede efectuarse inductivamente, según el sistema Link, a través de un cable con una espira en cada extremo que se acoplan a su vez con cada una de las bobinas; o colocando éstas sobre un mismo núcleo o con suficiente proximidad como para conseguir un acoplamiento débil, de forma que no se produzcan arrastres y se consiga en la bobina del mezclador la tensión más adecuada para la máxima transconductancia de conversión.

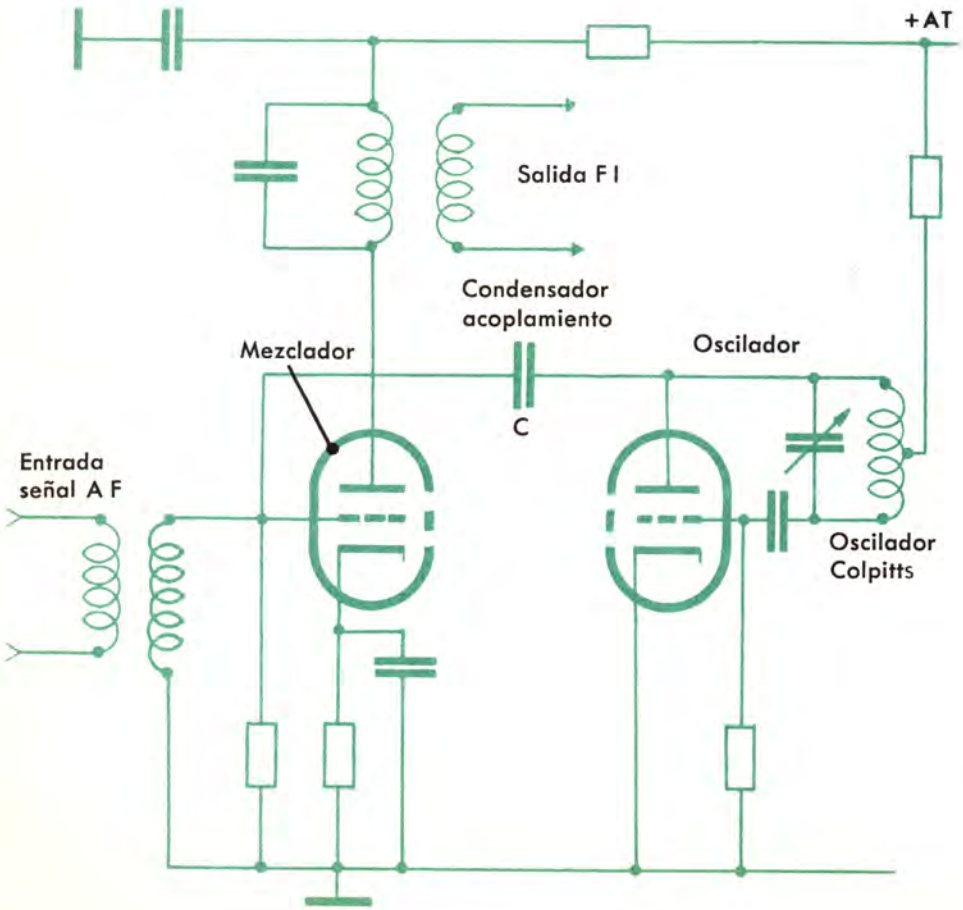


Figura 24. — Conversión de frecuencia por medio de dos triodos, uno como oscilador y otro como mezclador.

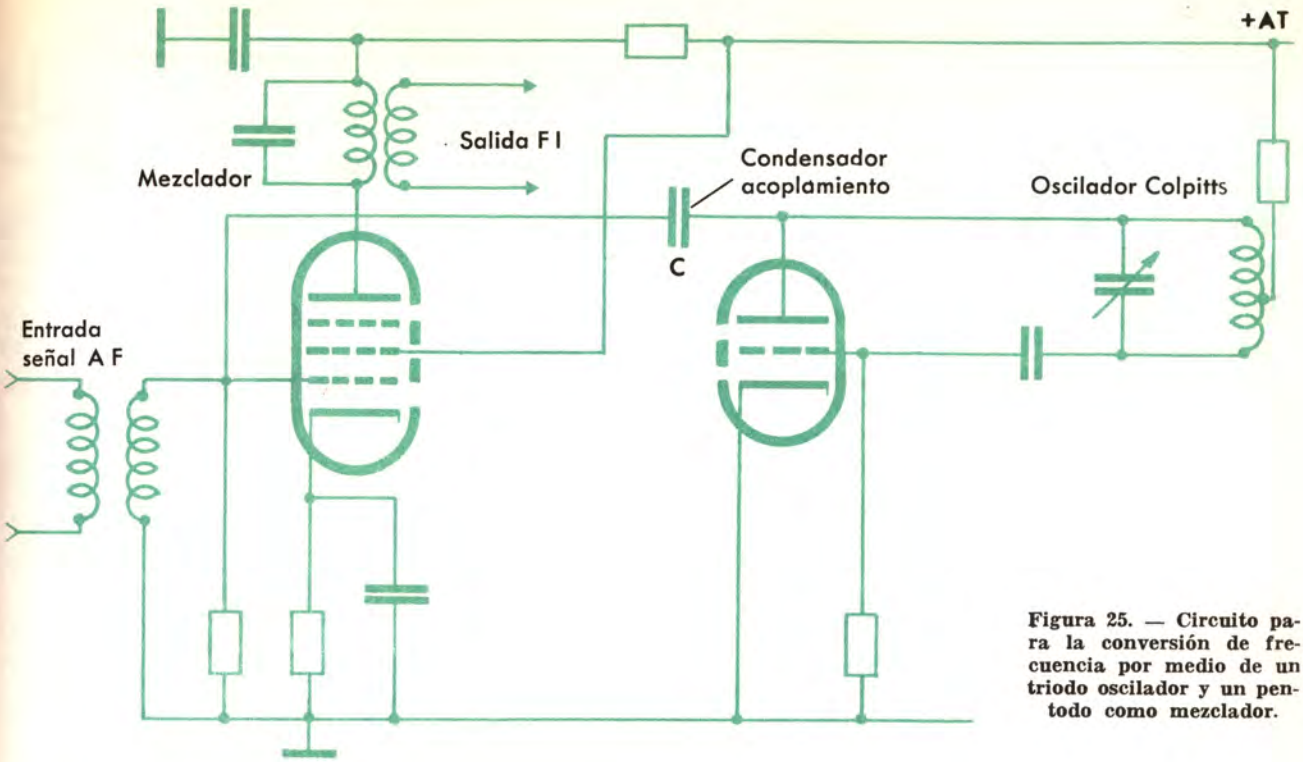


Figura 25. — Circuito para la conversión de frecuencia por medio de un triodo oscilador y un pentodo como mezclador.

EL OSCILADOR TRANSISTORIZADO

Los osciladores con transistores son similares en general a los proyectados con válvulas electrónicas, de los que difieren en algunos pormenores, tales como las menores impedancias de entrada y salida y la necesidad de polarizarlos con corriente y no con tensión, como sucede con las válvulas.

Aunque son posibles los montajes del tipo Hartley y Colpitts descritos anteriormente, los que más se emplean son los de las figuras siguientes.

El de la figura 26 corresponde a un circuito Colpitts en base común. Su funcionamiento depende de las señales de colector y emisor, que están en fase en el montaje base común. Un pequeño condensador C conectado entre colector y emisor mantiene la oscilación. El montaje base común proporciona además realimentación positiva para frecuencias elevadas, por lo que se dispone de un buen nivel de oscilación cuando la frecuencia aumenta, debido a que la realimentación interna compensa el decrecimiento en ganancia del transistor.

La figura 27 describe el circuito de un oscilador con emisor común que precisa de un transformador o de cualquier otro dispositivo que inserte la fase en la realimentación, ya que las señales en el colector y en la base se hallan en oposición de fase. La realimentación interna, por es-

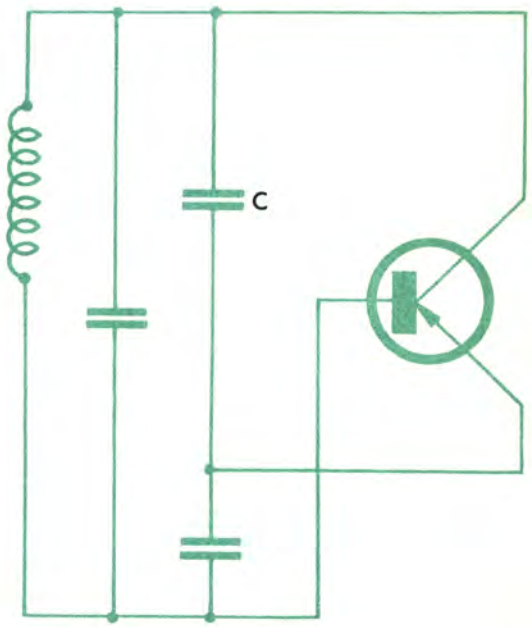


Figura 26. — Oscilador Colpitts en montaje base-común.

tar en oposición de fase con la externa, actúa como freno en el caso de frecuencias elevadas y en estos casos puede llegar a dificultar seriamente la oscilación.

Lo anterior explica el motivo de que el montaje en base común sea el más usualmente empleado.

Las figuras solamente muestran circuitos oscilantes paralelo, pero en algunos casos se emplean del tipo serie o combinaciones serie-paralelo.

La figura 28 describe un circuito oscilador completo, proyectado por la firma «Sony».

La estabilidad de la frecuencia presenta los mismos problemas que en el caso de las válvulas. Uno de los principales factores a tener en cuenta es el de los efectos térmicos, que se compensa también aquí con el empleo de elementos con coeficiente térmico negativo.

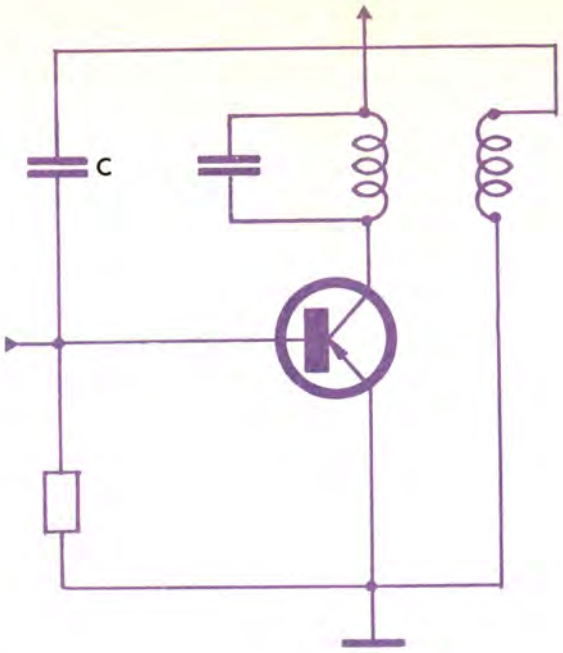


Figura 27. — Circuito oscilador en montaje emisor común.

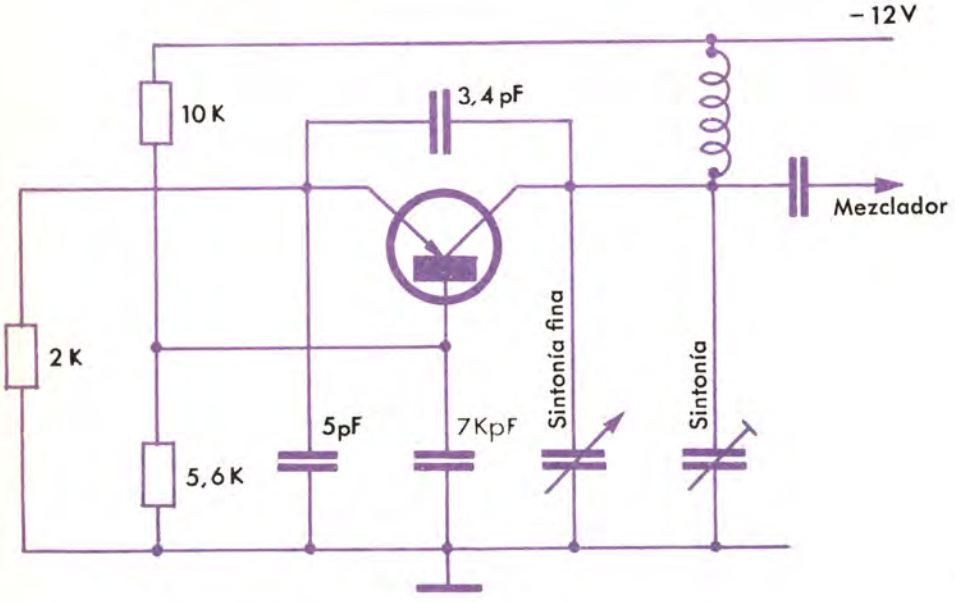


Figura 28. — Circuito de un oscilador local transistorizado (Sony).

EL MEZCLADOR TRANSISTORIZADO

El transistor mezclador debe proporcionar una amplificación de conversión satisfactoria, sin realimentaciones ni respuestas parásitas. Para lograrlo, la impedancia de la base y emisor debe ser baja a frecuencias intermedias; y como la potencia del oscilador local es relativamente baja, estas impedancias externas también debieran ser reducidas para la frecuencia a que éste trabaja. En general, estas condiciones sugieren el empleo de circuitos resonantes paralelo —como en el caso de los circuitos con válvulas—, debido a su baja impedancia en condiciones fuera de resonancia, pero deben tomarse precauciones especiales para evitar resonancias inadecuadas.

En la figura 29 se indican cuatro tipos de disposición básica empleados como mezclador. Se ha prescindido de los detalles de polarización, desacoplo y adaptación. En todos ellos la salida de FI se toma del colector del transmisor.

En el montaje emisor común (a) las frecuencias del oscilador y de la señal se llevan a la base, mientras en la base común (b) se llevan al emisor. En los circuitos (c) y (d) una señal se lleva a la base y la otra al emisor, con lo que ninguno de los electrodos puede ser conectado a tierra a la frecuencia de la señal, obteniéndose un montaje híbrido que no es ni base ni emisor común.

Si la impedancia para FI entre los terminales de base y emisor con tierra es baja, el montaje del mezclador transistorizado no es crítico; pero en general se prefiere el mezclador montado en base común, que proporciona una mayor estabilidad de trabajo en los canales de frecuencia menos elevada, mientras que la resistencia y capacidad de entrada varían menos en función de la frecuencia de trabajo.

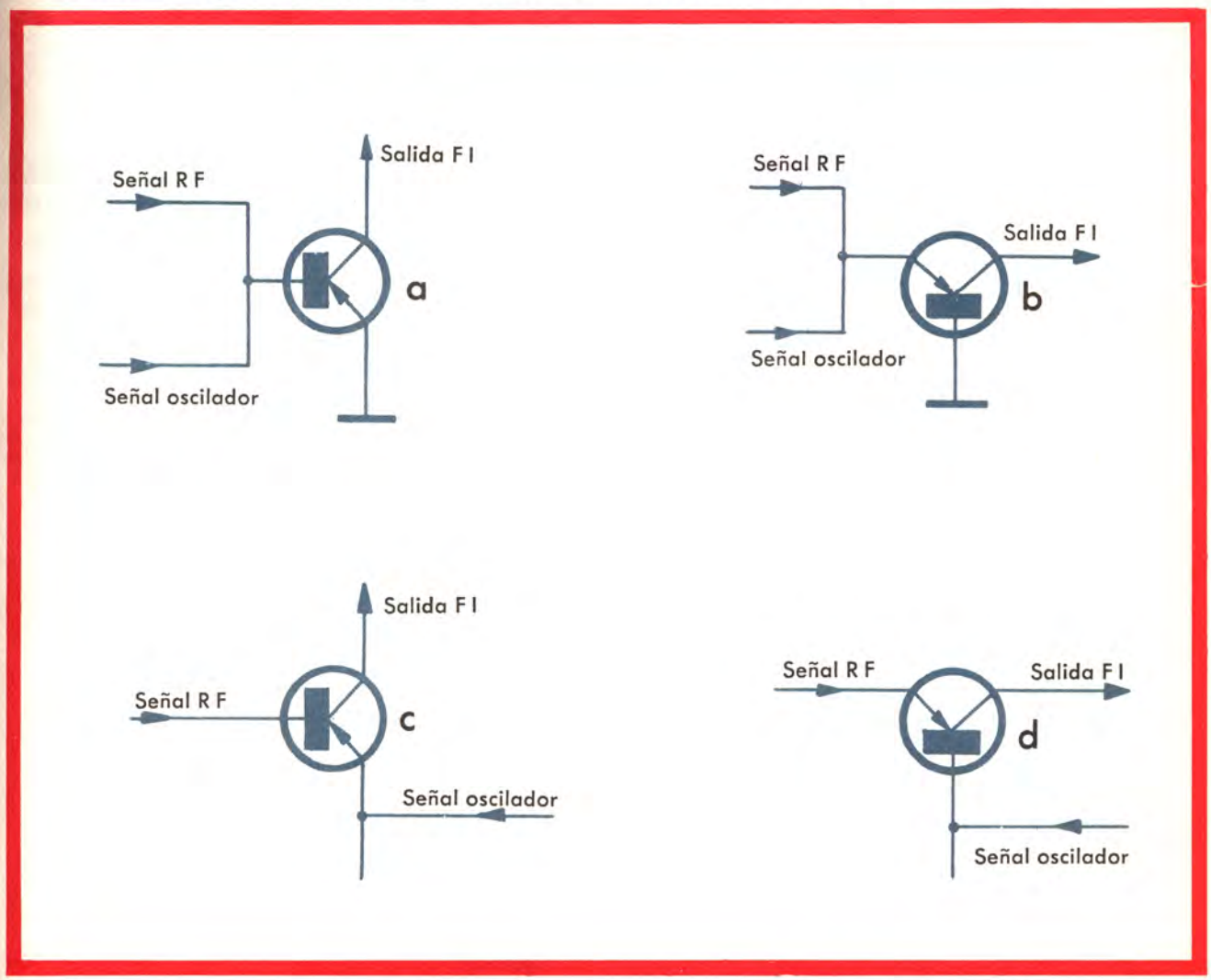


Figura 29. — Montajes básicos de un transistor en la función de mezclador.

En el montaje típico de base común (figura 30) las señales de AF y oscilador se aplican al emisor del mezclador, mientras que la señal de FI se toma del colector.

En algunos casos se prefiere el montaje en emisor común para el mezclador. En la figura 31 puede ver un montaje de este tipo con circuito especial de neutralización desarrollado por «Sony».

El tipo de transistor empleado como mezclador se elige basándose en que dé una elevada ganancia para la frecuencia intermedia, buena característica del diodo base emisor y baja capacidad base emisor, y debe poseer una baja capacidad de salida para evitar al máximo la realimentación.

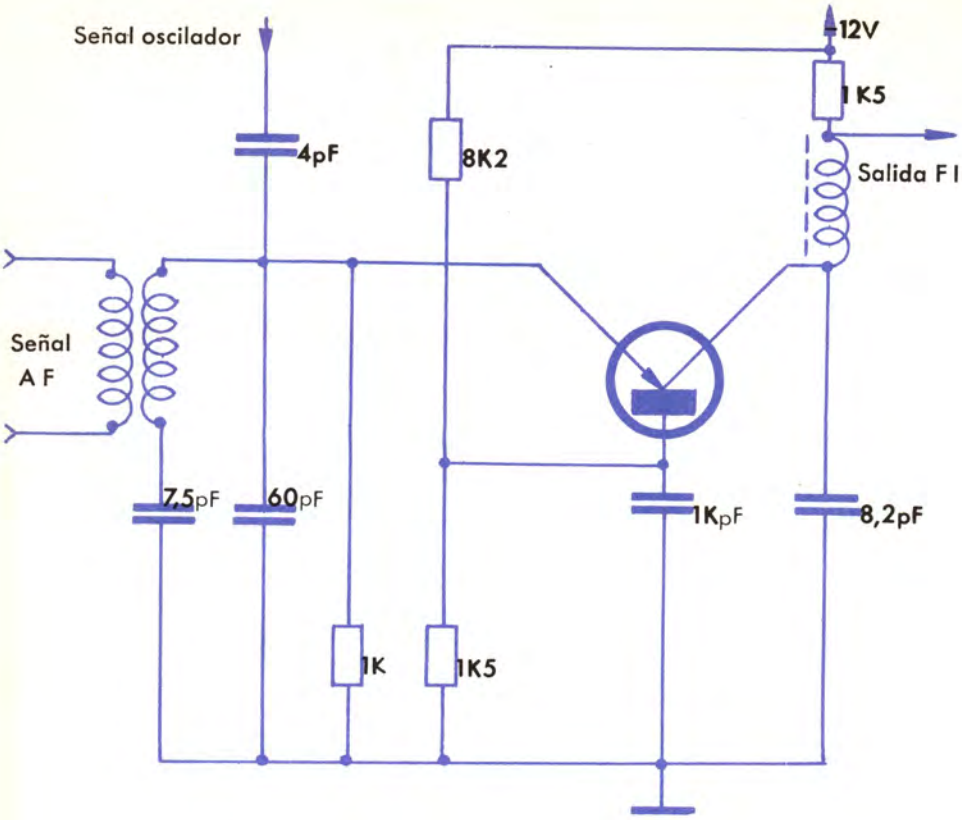


Figura 30. — Circuito típico de un montaje de mezclador transistorizado en base-común (Ferguson).

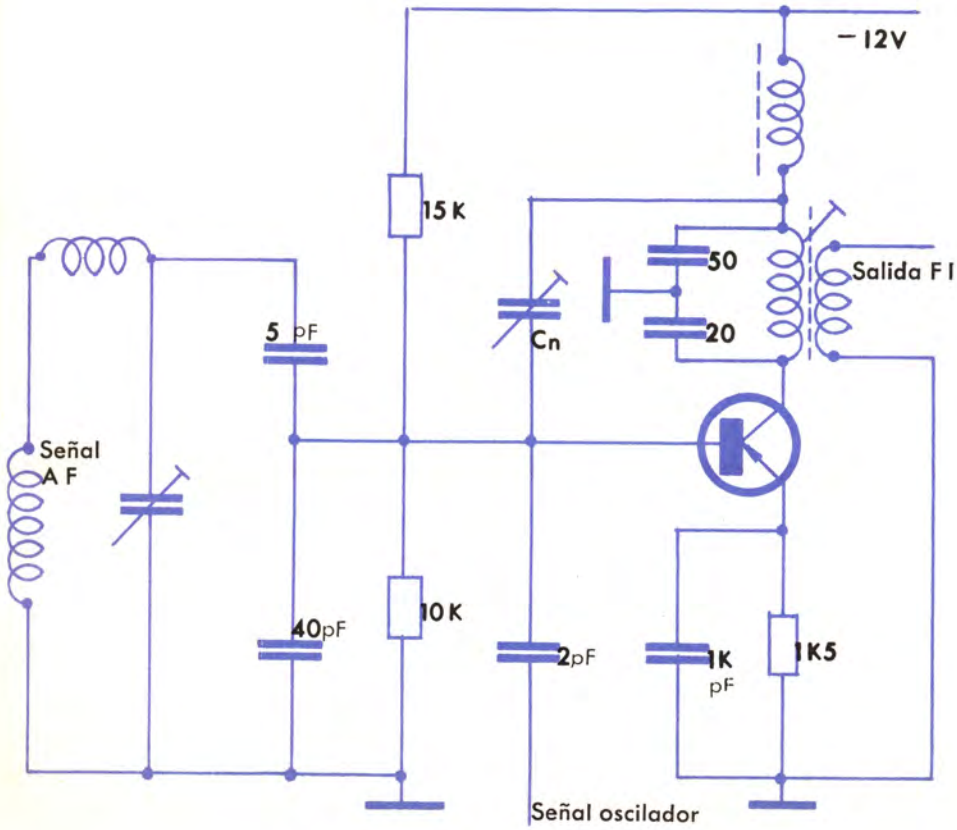


Figura 31. — Circuito de un montaje de mezclador con transistor conectado en emisor-común (Sony).

Las figuras siguientes muestran diversos circuitos utilizados para el acoplamiento entre oscilador y mezclador.

El acoplamiento puede ser de alta o de baja impedancia, inductivo o capacitivo. El sistema que se adopte depende en primer lugar del punto de inyección en el mezclador. Si las tensiones procedentes de la señal y del oscilador se inyectan en el mismo punto, el recorrido desde el amplificador al mezclador debe ser de baja impedancia para reducir la emisión del oscilador local debida a la realimentación desde el oscilador al amplificador.

Si se utilizan puntos de inyección distintos en el mezclador, las impedancias de acoplamiento no son muy importantes, ya que en este caso la realimentación es mucho más reducida.

La inyección puede ser inductiva o capacitiva. La inductiva (fig. 32) tiene el inconveniente de requerir un fuerte acoplamiento entre el oscilador y el circuito pasabanda, especialmente en frecuencias elevadas.

Un acoplamiento bobina-condensador entre oscilador y mezclador reduce la carga del oscilador sobre el mezclador y canaliza la potencia inyectada para la mejor ganancia del mezclador a través de la banda de VHF. (Figuras 33 y 34.)

La adaptación por derivación de capacidad (fig. 35) hace posible emplear una capacidad menor para proveer un camino de baja impedancia a la frecuencia intermedia. Los valores de los condensadores de acoplamiento entre oscilador y mezclador pueden calcularse teóricamente, pero en la práctica se toman de una forma más o menos empírica.

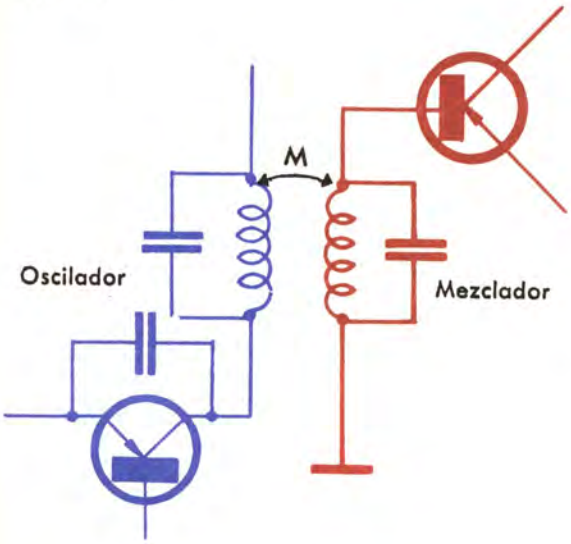


Figura 32. — Acoplamiento inductivo entre mezclador y oscilador de un circuito conversor.

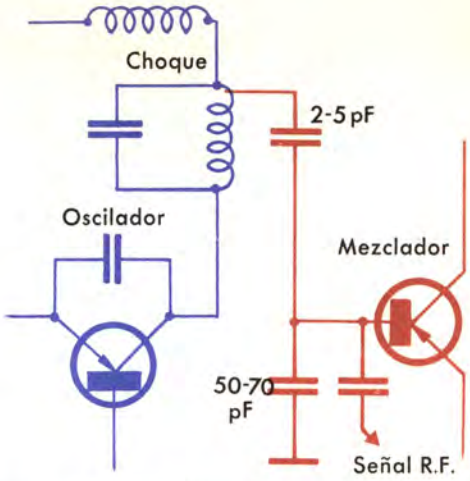


Figura 33. — Acoplamiento bobina-condensador entre mezclador y oscilador de un circuito conversor.

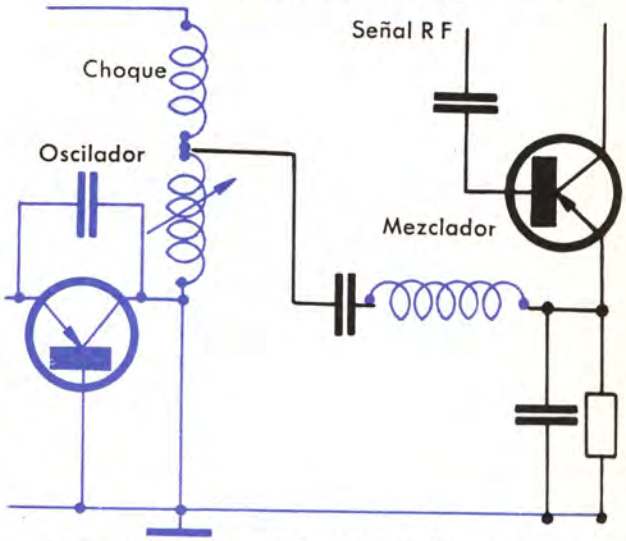


Figura 34. — Otro acoplamiento bobina-condensador similar al de la figura 33.

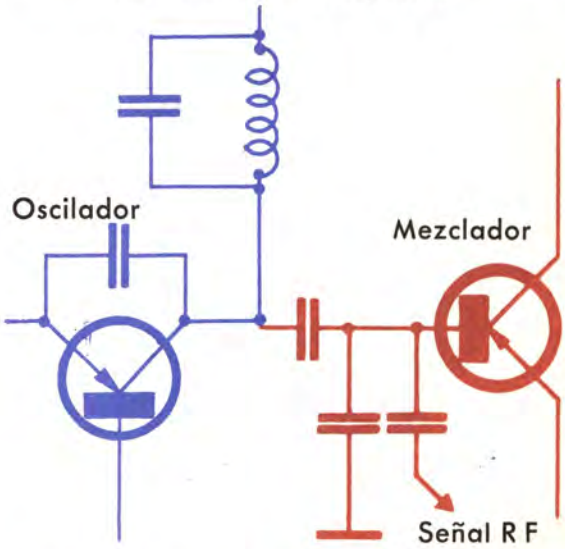


Figura 35. — Acoplamiento por derivación de capacidad entre mezclador y oscilador en un circuito conversor de frecuencia

DISPOSITIVOS PRACTICOS DE SINTONIA

Después de haber descrito teóricamente los circuitos más empleados para la amplificación, la generación de la señal en el oscilador local y los de conversión, consideramos interesante que conozca su realización práctica.

En los circuitos que se emplean comercialmente en la realidad cotidiana de la televisión, un solo aparato, denominado *selector o sintonizador de canales*, cumple las funciones estudiadas, e incluso se llega a los grupos de sintonía para VHF y UHF y a los tipos *integrados*, que con un solo conjunto sintonizan tanto los programas de VHF como los de UHF.

El moderno selector de canales en VHF está proyectado de forma que realice, en unión de un sintonizador normal de UHF, la recepción de los canales tanto de VHF como de UHF, y por sí mismo la recepción de las señales de TV de las bandas I y III.

En todo selector existe un punto de inyección de FI para acoplar la salida de un sintonizador de UHF, de manera que el pentodo de la válvula mezcladora funciona como amplificador de FI cuando se sintoniza en UHF. Es decir, la salida de FI del sintonizador de UHF no se acopla directamente al amplificador de FI, sino al selector de VHF, con lo que se dispone de un paso más durante la recepción de este canal.

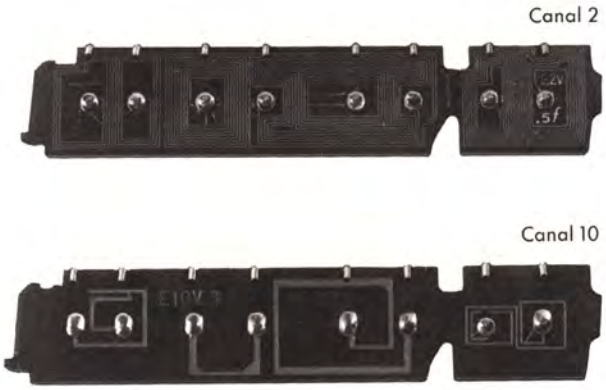


Figura 36. — Bobinas de un selector de canales del tipo de tambor giratorio. Las bobinas son del tipo de circuito impreso.

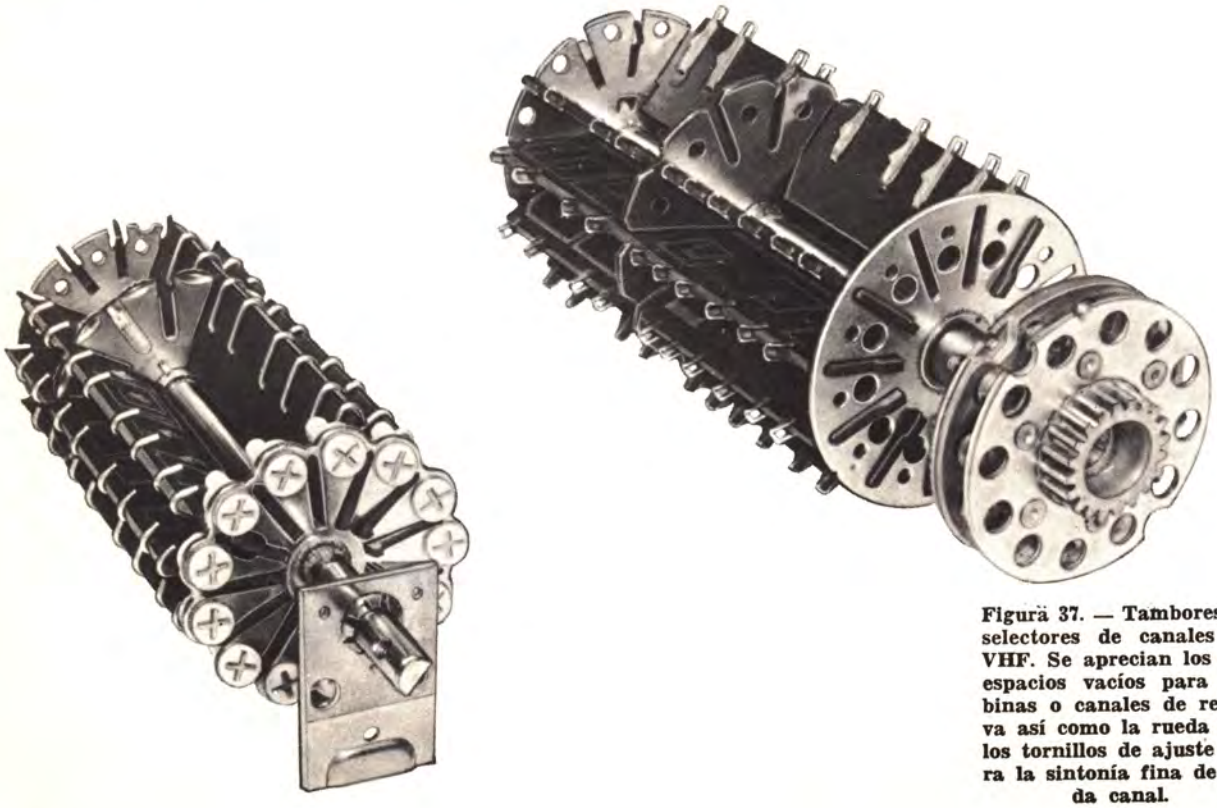


Figura 37. — Tambores de selectores de canales de VHF. Se aprecian los dos espacios vacíos para bobinas o canales de reserva así como la rueda con los tornillos de ajuste para la sintonía fina de cada canal.

Las bobinas necesarias para cada canal de VHF se disponen en placas de circuito impreso como las de la figura 36, en la que una corresponde al canal 2 y la otra al 10. Es fácil ver, comparándolas, la diferencia debida a la frecuencia de resonancia de los respectivos canales.

El conjunto de bobinas necesario para la recepción de los varios canales se monta sobre un rotor (fig. 37) capaz para doce canales, pero que solamente lleva diez bobinas: los otros dos acoplamientos quedan para canales de reserva (banda I: canales 2, 3 y 4; banda III: canales 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11).

La realización de las bobinas en circuito impreso —aparte el poco espacio que ocupan— hace fácil reproducir con exactitud sus características en los programas de fabricación en serie.

Cada plaquita de circuito impreso lleva la bobina del circuito de entrada, la del filtro de banda y la del oscilador.

Como se deduce del esquema de la figura 39, el valor de la inductancia necesaria para la sintonía de los varios canales no se obtiene enteramente de las bobinas del circuito impreso de cada placa, que tienen el valor fijo y por tanto no son ajustables, sino que, en realidad, el valor conjunto de inductancia necesario para la sintonía de cada canal está dividido en una parte debida al valor del circuito impreso (S_2, S_4, S_5, S_6) y en otra parte constituida por una pequeñísima bobina convencional que se conecta en serie con cada una de las precedentes. (En el esquema S_{10} está en serie con S_4, S_{11} con S_5 y S_{13} con S_6.)

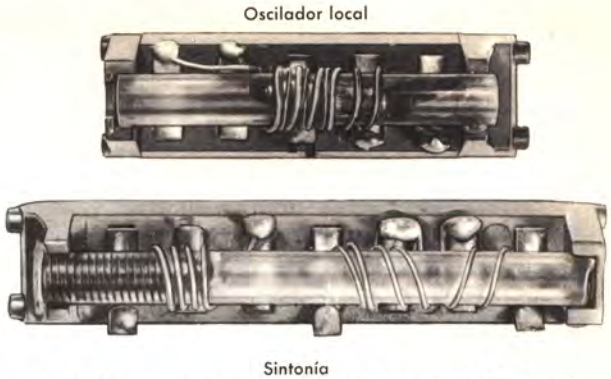


Figura 38. — Regletas de sintonía y oscilador local de un selector antiguo en las que se aprecian las bobinas de concepción clásica.

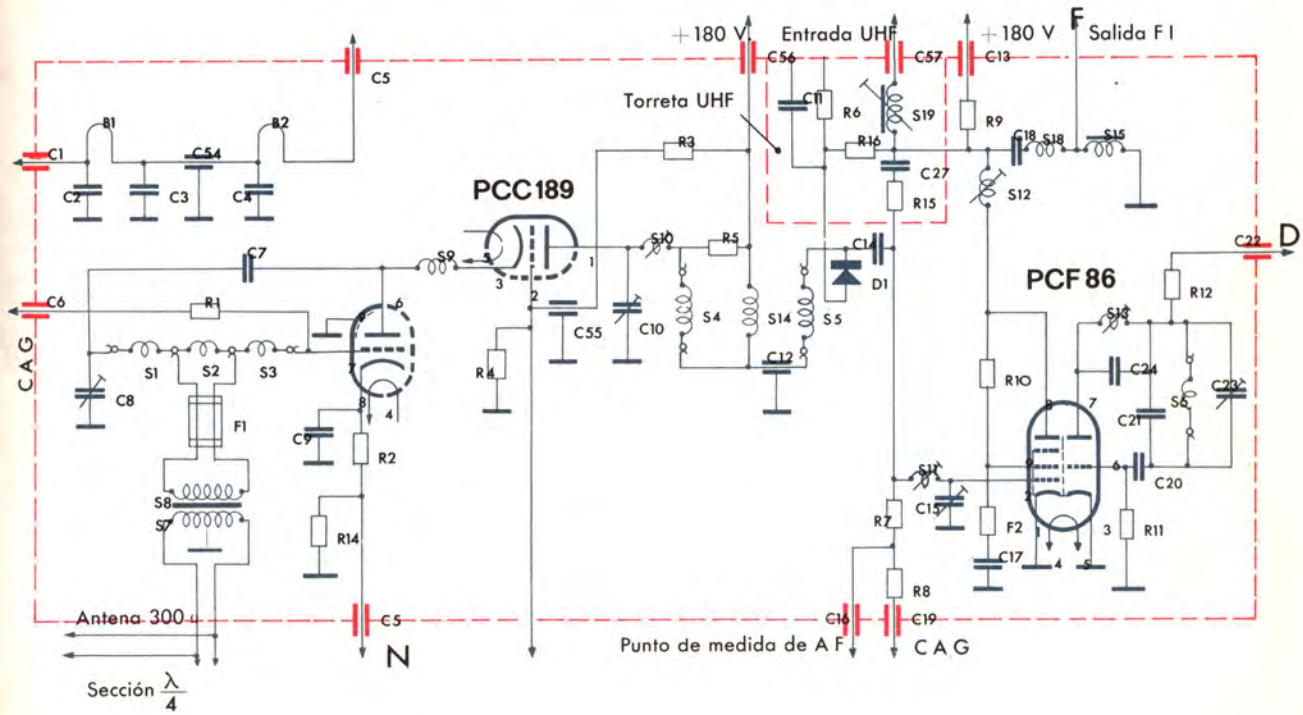


Figura 39. — Esquema eléctrico de los elementos que componen el selector de VHF típico.

Estas bobinas, que permanecen constantemente conectadas para la sintonía de todos los canales, se disponen sobre la plaquita aislante en la cual se aplican los contactos que establecen el circuito eléctrico con las bobinas colocadas en el rotor.

Estas bobinas llevan un núcleo (fig. 41) para su regulación, operación que se efectúa durante el ajuste en fábrica y no debe repetirse.

Cuando se emplean bobinas impresas la operación de ajuste no se efectúa del modo convencional —o sea variando la posición de las espiras de las bobinas de cada canal—, sino por bandas. Con los núcleos de las bobinas S_{10} y S_{11} se regula la mejor curva de respuesta del filtro pasabanda para el canal 11 de la banda III, con lo cual automáticamente quedan ajustados todos los canales de esta banda, mientras que los compensadores C_{10} y C_{15} se regulan para el canal 4 para obtener la mejor curva de respuesta, con lo que queda ajustada la banda I.

Las válvulas empleadas para la amplificación de la señal en alta frecuencia son del tipo doble triodo PCC189. Estas válvulas se caracterizan por su concepción en rejilla de cuadro; el ánodo o la placa están construidos de forma que se obtenga un bajo valor de capacidad entre placa y rejilla junto con el máximo de pendiente.

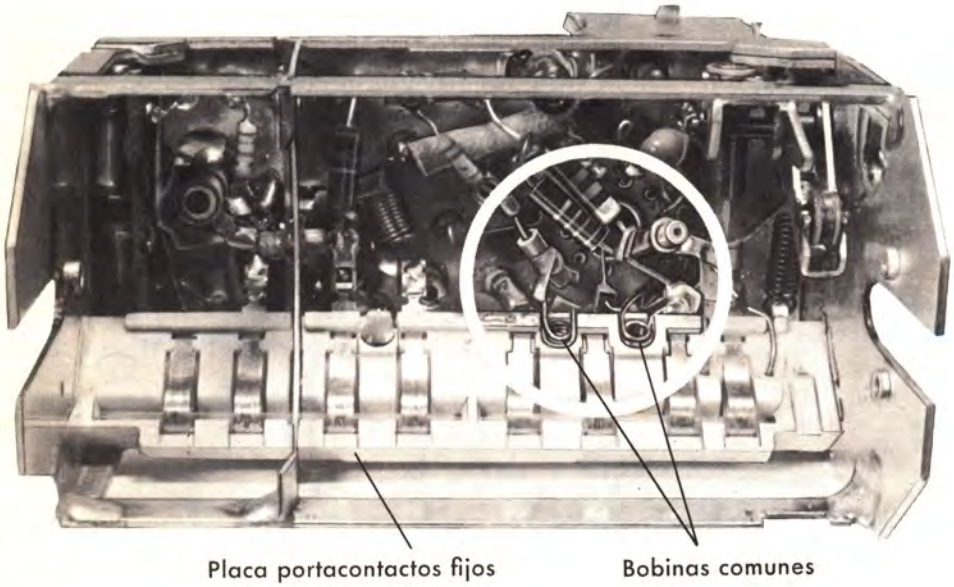


Figura 40. — Bobinas convencionales fijas situadas sobre la placa de contactos del selector.

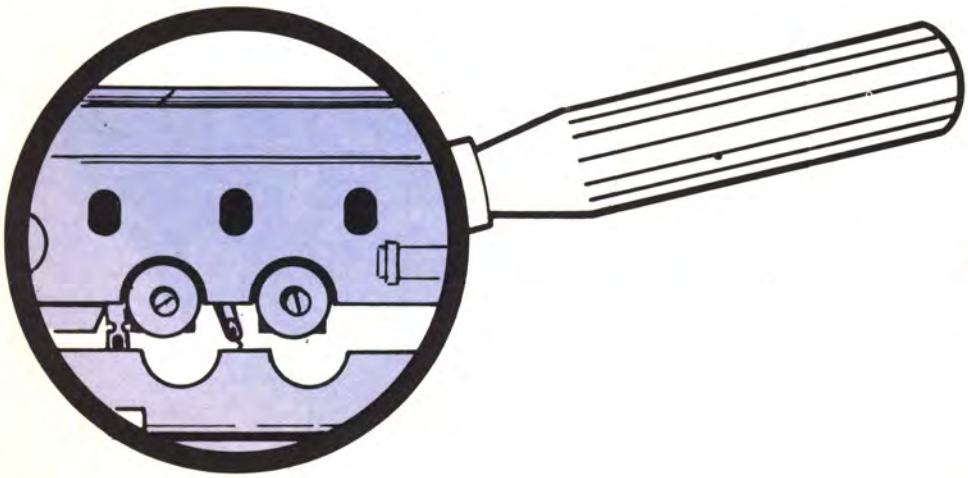


Figura 41. — Situación de los núcleos para el ajuste de las bobinas fijas colocadas en la placa de contactos fijos del selector.

Gracias a la rejilla de cuadro se puede reducir considerablemente la distancia entre cátodo y rejilla, lo que se traduce en un aumento de la pendiente, o sea, la posibilidad de obtener una elevada ganancia, y reducción del tiempo de tránsito, de cuyos inconvenientes se trató anteriormente. Además, al disminuir las distancias entre los electrodos se ha reducido el rumor o ruido de fondo.

Como última ventaja citaremos también que, junto a su elevada ganancia, tienen pendiente variable a lo largo de la curva de trabajo, lo cual las hace muy adecuadas para la recepción de señales de diversa magnitud, con lo que se reducen los fenómenos de interferencia entre varios canales.

Para el circuito oscilante y mezclador se emplean las válvulas tipo PCF86, que como las anteriores son de rejilla de cuadro.

Por tanto, estas válvulas poseen una elevada ganancia de conversión junto a una gran impedancia de entrada en el pentodo, por lo que el circuito de entrada colocado entre rejilla y cátodo no está sometido a un excesivo amortiguamiento y en consecuencia se mejora la ganancia del conjunto.

La sección triodo de estas válvulas es del tipo convencional y se destina al oscilador local.

La realización de su filamento calefactor y del cátodo es tal que se reduce el zumbido en los sistemas con sonido modulado en amplitud.

En cuanto al circuito eléctrico, digamos que el doble triodo PCC189 está montado según el clásico circuito *cascode* para la amplificación de las señales de alta frecuencia. A la entrada se encuentra un transformador de adaptación de impedancias con núcleo magnético (fig. 42), que cumple la misión de adaptar la impedancia de la antena simétrica de 300 Ω o asimétrica de 60/75 Ω a la de entrada del triodo (Balun).

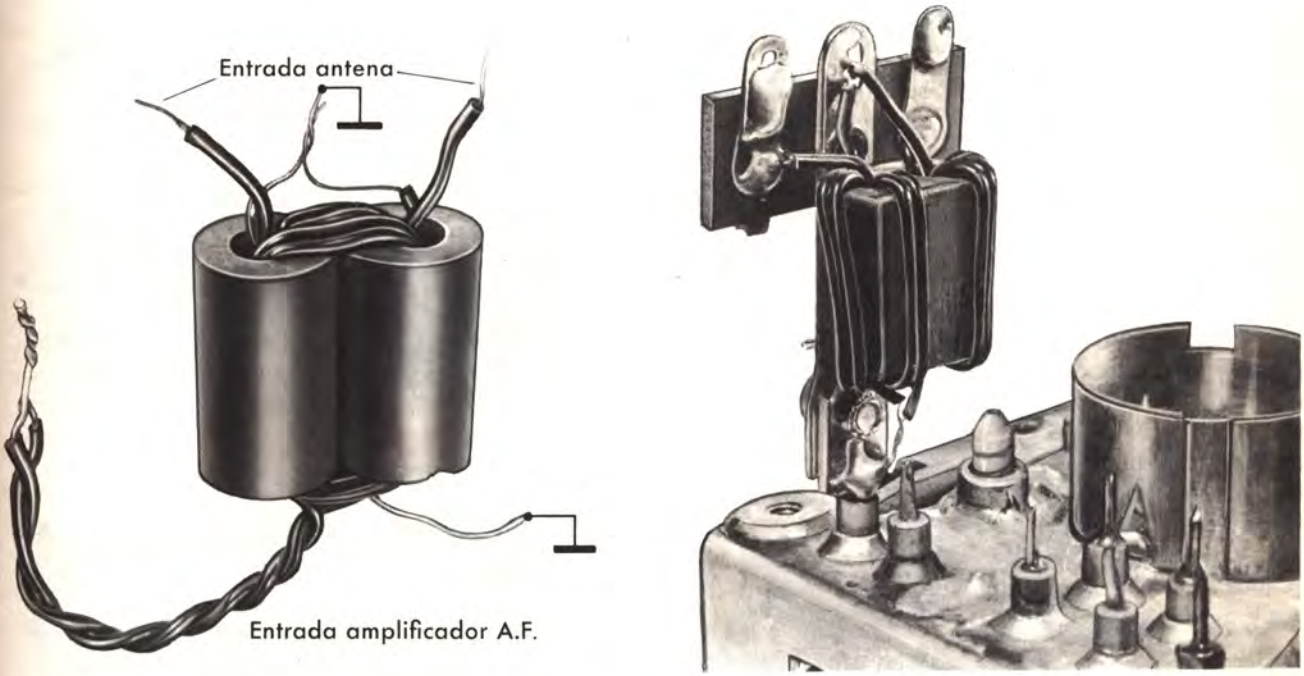


Figura 42. — Detalle del transformador de adaptación de impedancias, la de antena con el circuito de entrada y vista del transformador colocado sobre un selector.

La señal del CAG se aplica a la rejilla de control del primer triodo a través de la resistencia de desacoplo R_1; el circuito de entrada de la válvula se simetriza con relación a masa por medio de los condensadores C_7 y C_8 montados en circuito puente, los cuales ejercen al mismo tiempo la función de neutralización del primer paso.

Para obtener buena estabilidad en la recepción de los canales bajos (Banda I), C_9 y R_2 tienen los valores adecuados para que a aquella frecuencia se produzca en el circuito catódico cierto valor de reacción negativa tendiente a disminuir el valor de la amplificación; pero en presencia de señales muy débiles se puede aumentar la ganan-

cia conectando a masa el punto N, con lo cual se reduce la resistencia catódica y se hace trabajar a la válvula en un tramo de mayor pendiente.

El segundo triodo del circuito *cascode* está montado, según el esquema convencional, con la rejilla a masa. La inductancia del primario del filtro de banda está formado por tres bobinas, dos de las cuales (S_{10} y S_{14}) están insertas constantemente en todos los canales, mientras la tercera (S_4) es la realizada en circuito impreso y varía para cada canal. El condensador de ajuste del primario del filtro es C_{10}. También la inductancia del secundario del filtro de banda está formada por una bobina convencional (S_{11}) constantemente insertada para todos los canales, mientras que S_5 (realizada en circuito impreso) varía para cada uno de ellos siendo C_{15} el condensador de ajuste para el secundario.

La sección triodo de la válvula PCF 86 funciona como oscilador local; la sección pentodo trabaja como mezclador durante la recepción en VHF y como amplificador de FI cuando selecciona por medio de un sintonizador adecuado los programas de UHF, para lo cual la señal de FI procedente del circuito de UHF se inyecta a través de S_{19}, C_{27} y R_{15} en la rejilla control del pentodo a la cual se le puede aplicar el correspondiente control de ganancia a través de la resistencia R_8 accesible desde el exterior por el condensador pasante C_{19}. Para poder trabajar como amplificador de frecuencia intermedia, se hace necesario amortiguar la bobina S_5, lo cual se consigue por medio del diodo D_1, que queda polarizado en sentido directo al desconectar la alta tensión de amplificador *cascode*, que no se necesita cuando se recepciona en UHF.

Como ya hemos visto al describir el circuito *cascode*, el secundario del filtro pasabanda del amplificador se conecta a la rejilla control del pentodo convertidor, mientras que la tensión del oscilador se inyecta a la rejilla control del pentodo por acoplamiento magnético entre las bobinas S_{13} y S_{11} situadas en la regleta de contactos del selector.

Al triodo oscilador se aplica una tensión de alimentación menor que a las demás etapas, de modo que puede incluirse un filtraje adicional si bien normalmente es suficiente una resistencia o VDR que se coloca entre F y D junto con la capacidad del condensador pasante D. La tensión del oscilador se desconecta conjuntamente con la del circuito *cascode* al sintonizar en UHF.

El circuito de salida de FI formado por la bobina S_{12} se acopla al circuito de entrada del receptor por medio de un acoplamiento capacitivo del filtro pasabanda. Su capacidad de acopla-

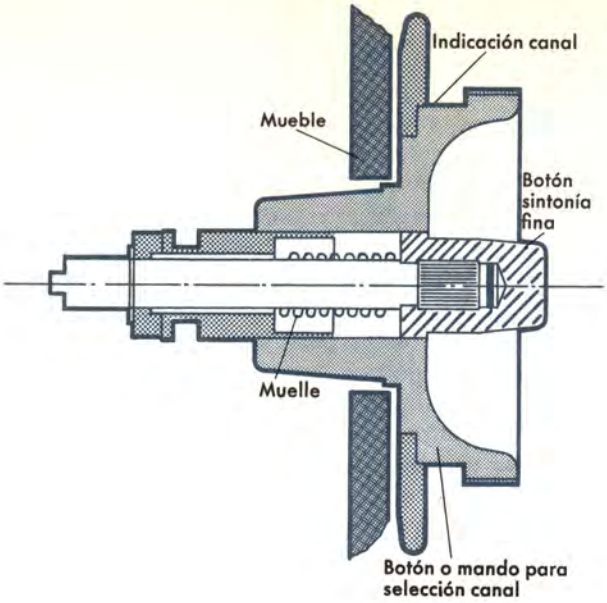


Figura 43. — Detalle de los mandos de un selector para la selección del canal de VHF y para su sintonía fina por medio del botón central.

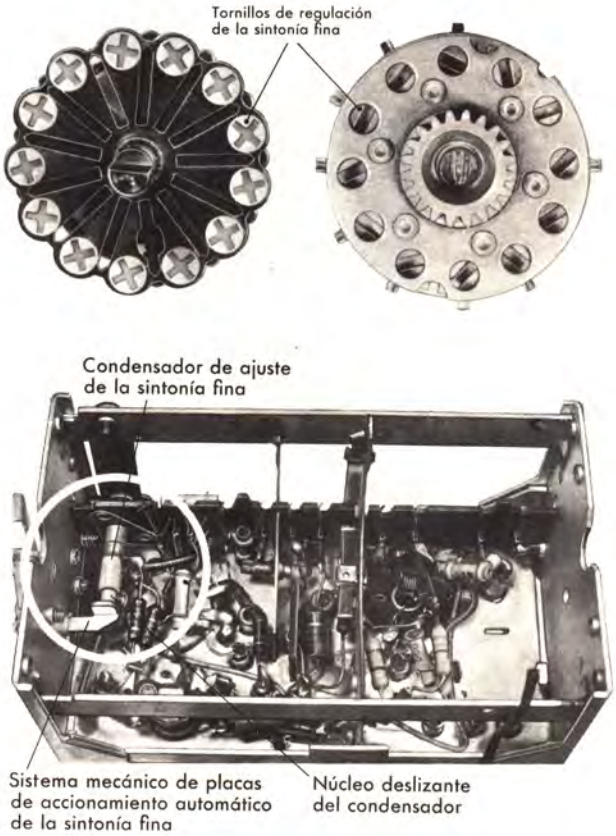


Figura 44. — Situación del condensador variable de sintonía fina en el selector y detalle de dos ruedas de accionamiento automático y ajuste de dos selectores diferentes.

miento, formada por la del cable coaxial de conexión y el condensador auxiliar que se conecta en los terminales de salida de FI del sintonizador.

La capacidad total necesaria depende del factor de acoplamiento. Para una curva pasabanda aplanada del primer filtro de FI la capacidad total debe ser del orden de 68 pF para una banda de 6 Mc/s. de ancho.

Este tipo de acoplamiento se escoge para reducir al mínimo la radiación del sintonizador.

El condensador de acoplamiento debe mostrarse lo más cerca posible de los terminales del selector, para evitar que se forme un lazo radiante.

La correcta simetrización entre el selector y el amplificador de FI se puede lograr por medio del llamado dispositivo de sintonía fina. Consiste en un pequeño condensador tubular con núcleo deslizante, regulable desde el exterior, que introduce una pequeña variación en la frecuencia del oscilador local. En el caso que nos ocupa la regulación se efectúa por medio de un mando central que termina en forma de destornillador (fig. 43) y que al oprimirlo encaja con los tornillos dispuestos en la rueda del tambor de sintonía, los cuales a su vez hacen variar la posición del núcleo del condensador de sintonía. (Fig. 44.)

Las figuras 45 y 46 muestran dos selectores completos totalmente montados y apantallados. Es visible la torreta para la introducción de la señal de UHF y el orificio para colocar tanto el mando de cambio de canales como de sintonía fina, la cual tiene la ventaja, debido a la disposición mecánica de sus elementos, de quedar automáticamente presintonizada al volver al canal interesado sin necesidad de efectuar retoques cada vez que se cambia de canal.

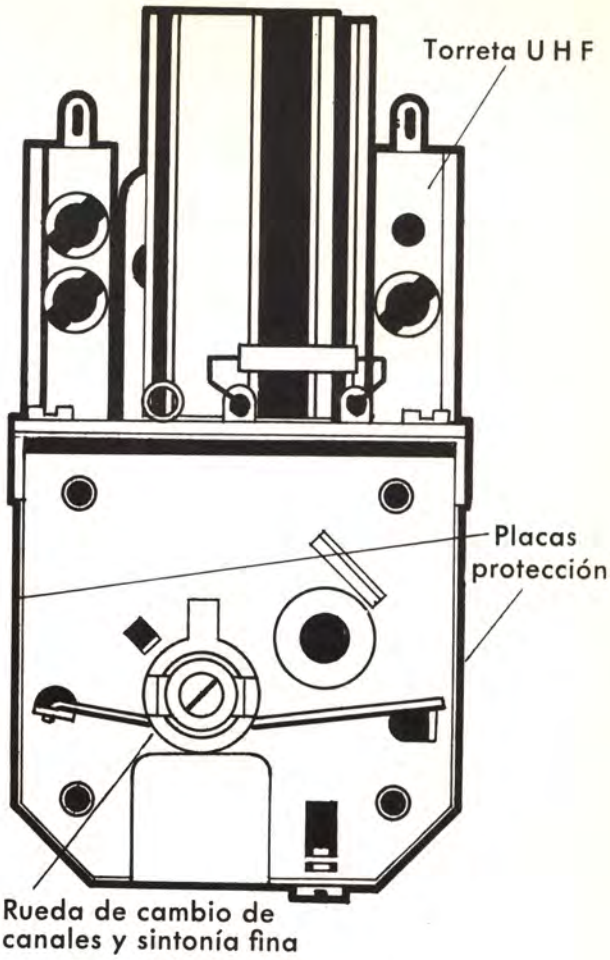
La figura 47 indica su conexionado con un selector de UHF, de forma que con el conjunto pueden recibirse todos los canales de VHF y de UHF.

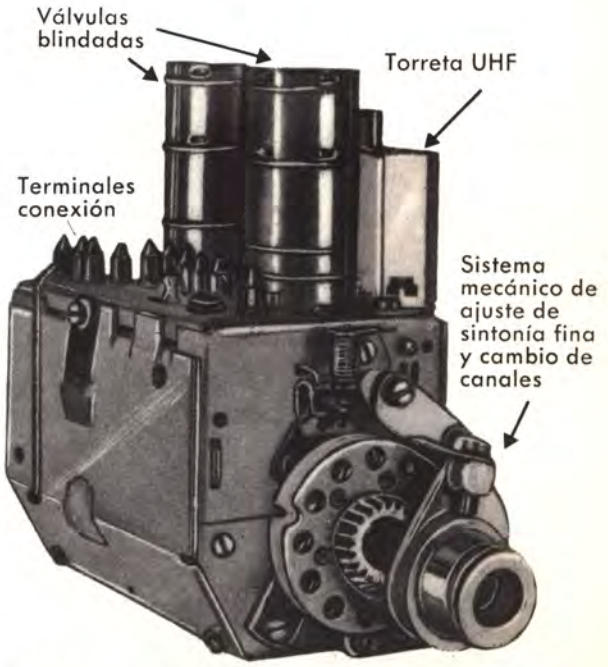
Otro selector de canales de concepción más moderna es el de la figura 48, en la que es fácil ver la torreta de entrada de la FI de UHF, el transformador de acoplamiento para la impedancia de antena y el grupo para la selección de canales y sintonía fina.

En el esquema eléctrico de conexiones (fig. 49) de un sintonizador moderno destaca el circuito de amplificación en alta frecuencia con el triodo PC900, con el que se puede lograr, con un solo paso de amplificación, elevados valores de ganancia.

La figura 50 muestra el esquema para la conexión de este selector con uno de UHF para la recepción de ambos programas.

Otro selector moderno cuyo circuito es similar a los anteriores, ya que el amplificador es con





Figuras 45 y 46. — Vistas de conjunto del selector de canales de VHF en los que se aprecia la disposición de sus componentes.

la válvula PCC189, del tipo *cascode*, y el oscilador-mezclador con la PCF801, es el de la figura 51, que corresponde a la tendencia de bobinas convencionales y no sobre circuito impreso. La figura 52 muestra su esquema eléctrico.

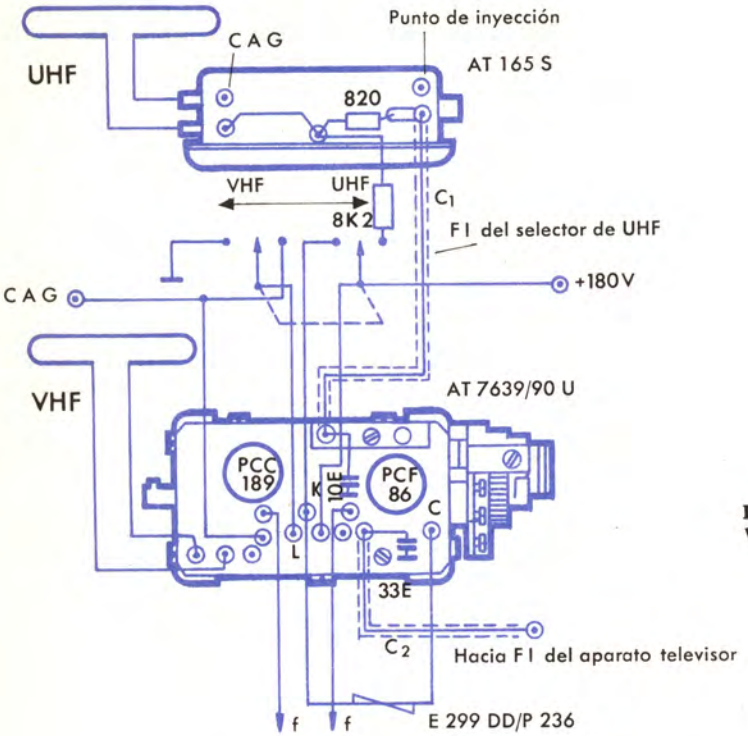


Figura 47. — Esquema para la conexión del selector VHF con un sintonizador de UHF para la recepción de ambos programas.

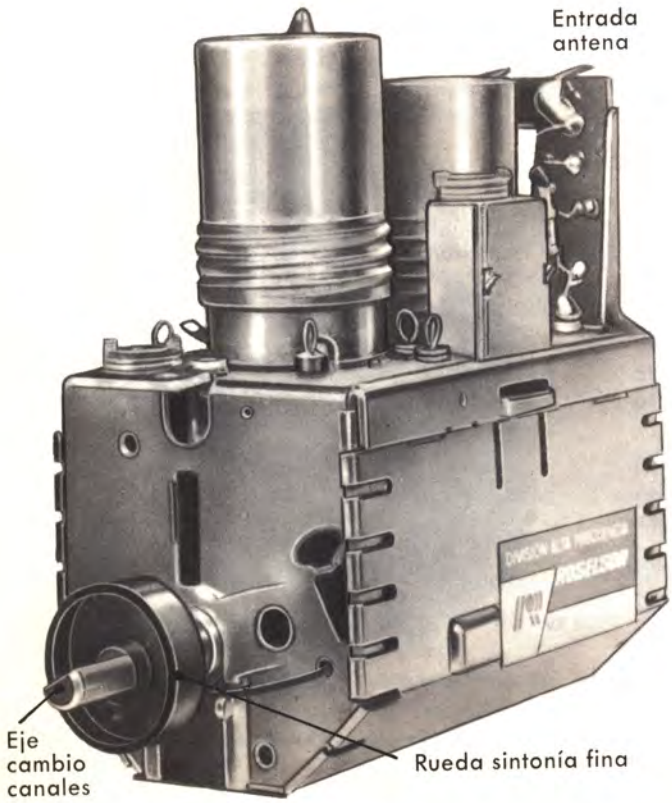


Figura 48. — Selector de canales tipo RV3-11-V (Roselson).

Figura 49. — Circuito eléctrico del selector de canales AT 7650/90.

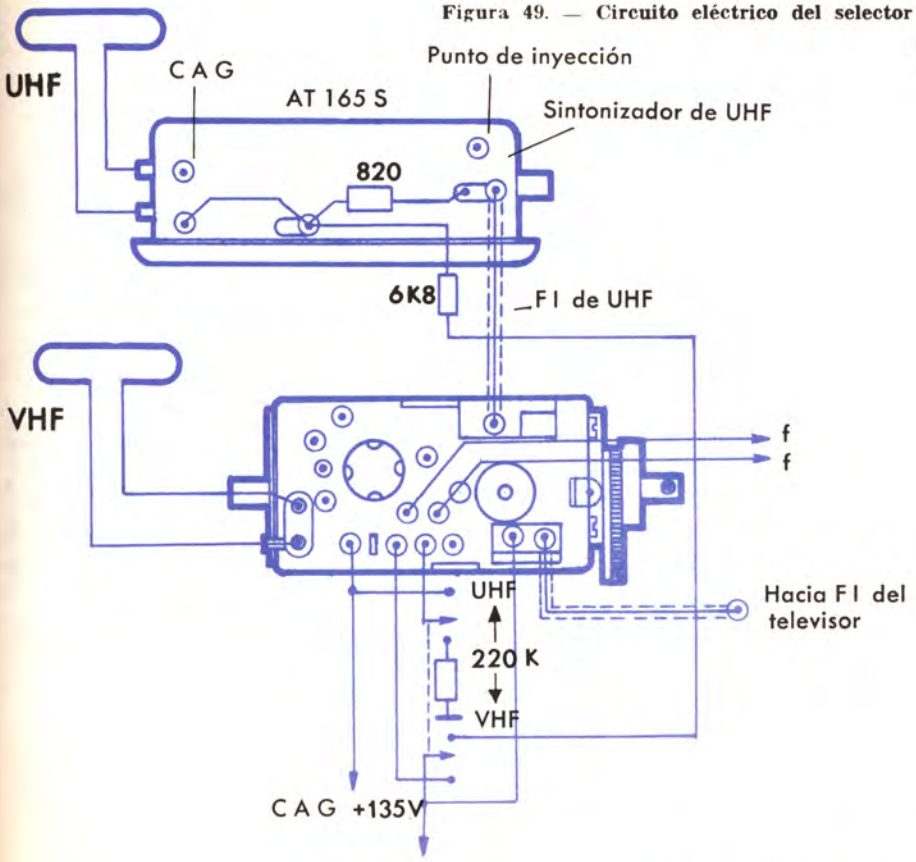
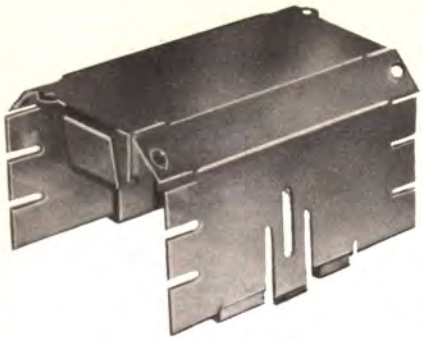


Figura 50. — Conexionado entre el selector de VHF y el sintonizador de UHF para la recepción de ambos programas.



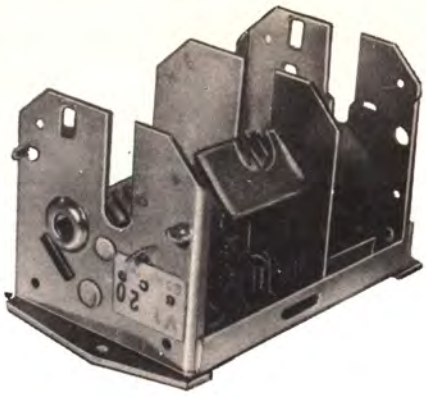


Figura 51. — Moderno selector de canales con bobinas convencionales (Fagor, B 204).

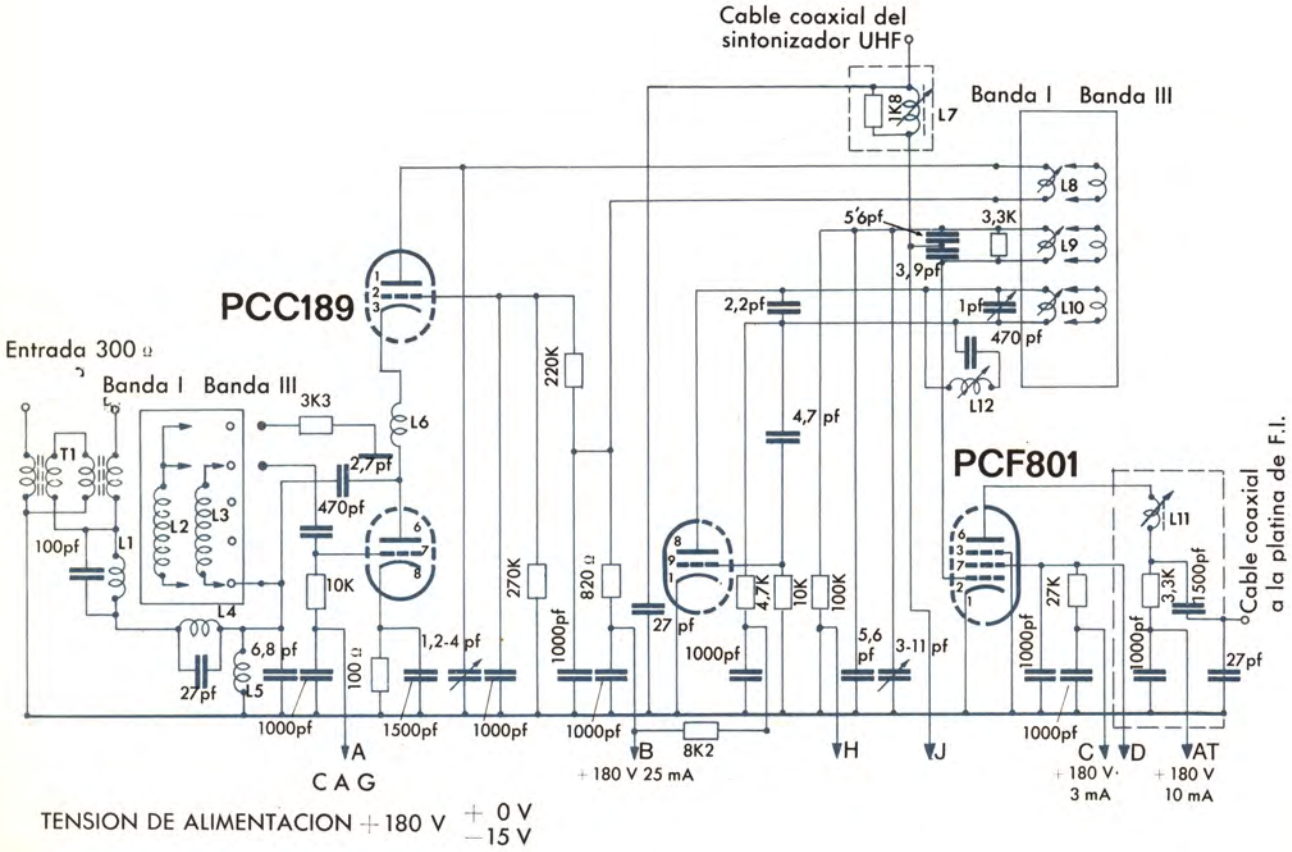


Figura 52. — Circuito eléctrico del selector de la figura 51.

EL SINTONIZADOR DE UHF

En la actualidad prácticamente no se emplean los sintonizadores de UHF con válvulas, que han sido sustituidos por los tipos con transistores. A título de ejemplo digamos que aquéllos están provistos de un paso de amplificación en alta frecuencia equipado con válvulas del tipo triodo PC88, mientras que el paso mezclador-autooscilador emplea un triodo PC86.

Ambos triodos, del tipo de rejilla de cuadro, son especiales para su empleo en la gama de frecuencias de UHF.

La figura 53 muestra el circuito eléctrico de uno de estos sintonizadores. En él se aprecia que la entrada de antena es simétrica de 300 Ω. Para su adaptación con la de la válvula —que es de unos 100 Ω asimétrica— se vale de un transformador del tipo de media longitud de onda y de un filtro en L formado por S_3 y C_{30}. La puesta a punto se efectúa mediante la regulación del condensador C_{30}.

La carga anódica del triodo PC88 está constituida por un filtro pasabanda cuyo primario está formado por una línea en $\lambda/2$ (C_6, S_6 y C_{22}) acoplada a una segunda línea (C_{11}, S_7 y C_{23}) que representa el secundario del filtro. La banda de paso de este filtro, sustancialmente uniforme, está comprendida entre 7 y 10 Mc/s.

El paso amplificador es con rejilla a tierra, por cuanto con este circuito se reduce al mínimo la reacción sobre el cátodo de la señal presente en el ánodo, con lo que se consigue el máximo desacoplo entre los circuitos de entrada y de salida.

El acoplamiento entre el secundario del filtro pasabanda y la entrada de la válvula convertidora se efectúa mediante una espira S_8 colocada en serie entre el cátodo y la resistencia R_5.

La placa del triodo PC86 está conectada tanto al circuito oscilador (C_{15}, S_9, C_{24}), formado por una línea en $\lambda/2$, como al circuito de sintonía de frecuencia intermedia. La bobina S_{10} impide que el circuito de frecuencia intermedia se desajuste cuando se varía la capacidad del condensador de sintonía C_{24}, ya que para la FI esta bobina representa un cortocircuito a tierra.

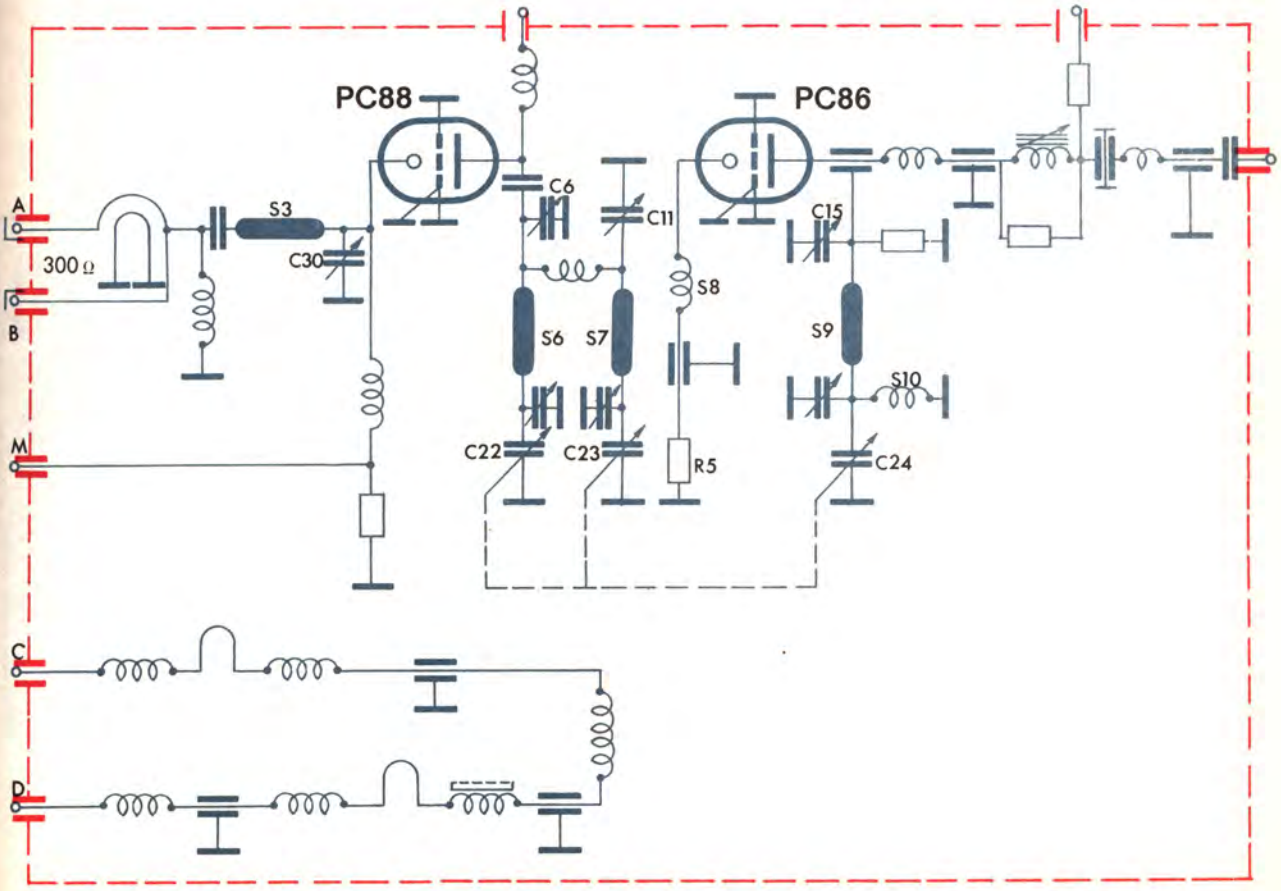
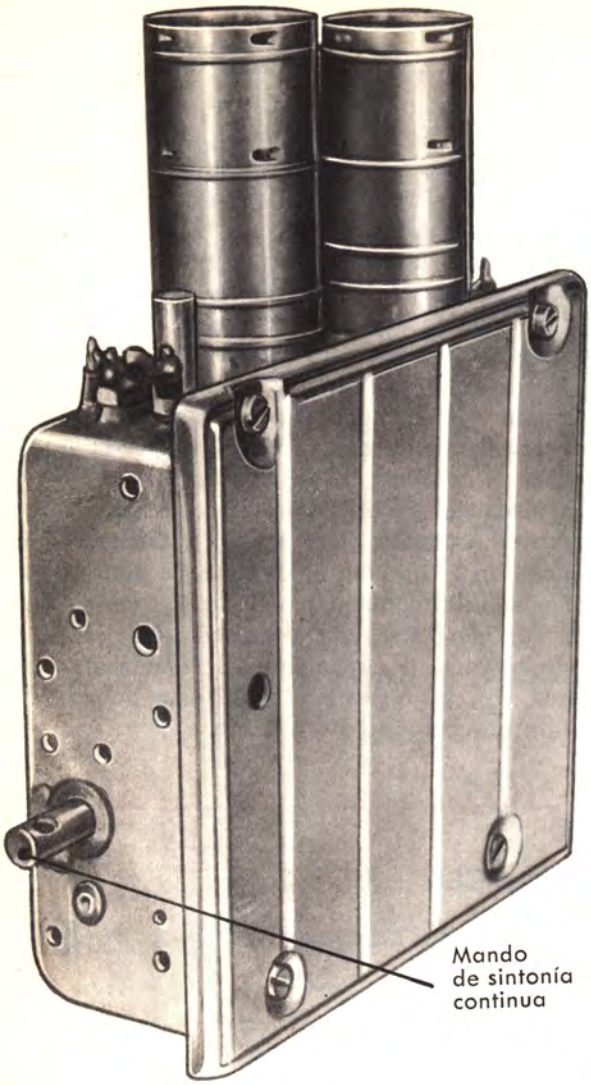


Figura 53. — Circuito eléctrico de un sintonizador de UHF a válvulas.

Las conexiones de alimentación de la válvula conversora-autoosciladora atraviesan los compartimentos que se observan en la vista lateral (sin tapa) del sintonizador, para lograr un mayor filtrado de la tensión del oscilador. La tapa, al objeto de asegurar la mínima dispersión, se coloca junto con una lámina de cobre prensada con una lámina esponjosa.

En la figura 54 se puede observar la disposición interna del aparato con los tres condensadores de sintonía descritos.



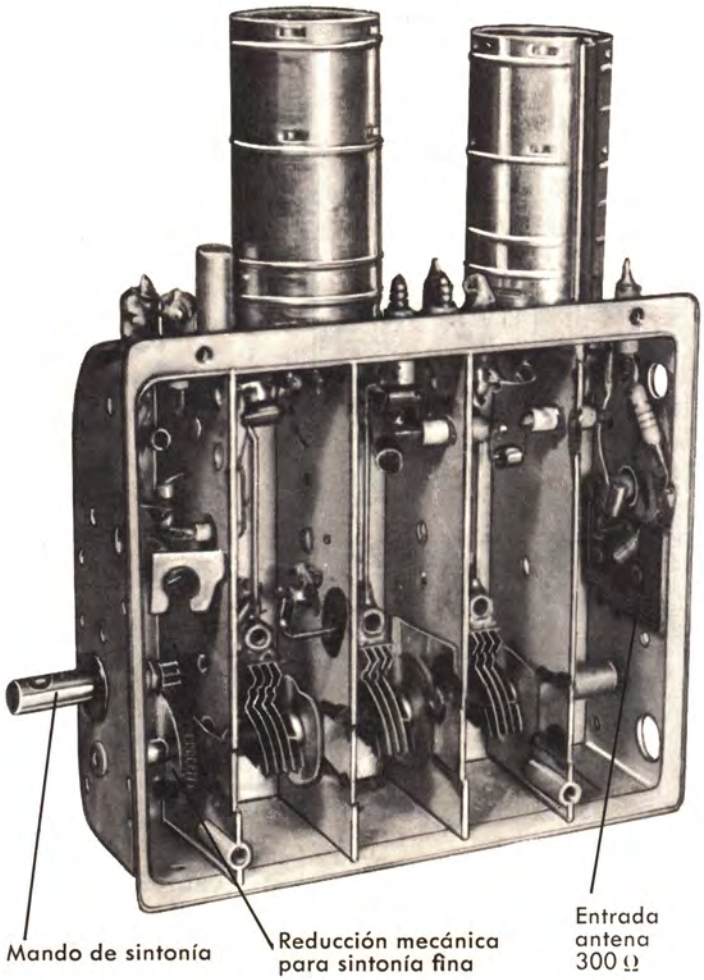


Figura 54. — Sintonizador de UHF a válvulas y detalle de la disposición interna de los elementos (Philips).

EL SINTONIZADOR UHF TRANSISTORIZADO

El sintonizador de UHF equipado con transistores especialmente adecuados para esta función ofrece varias ventajas con relación a los equipados con válvulas, entre ellas la de poder obtener mayor ganancia junto con menor ruido de fondo.

Las figuras 55 y 56 muestran los esquemas de dos sintonizadores de UHF con transistores. Se diferencian en que el segundo lleva un dispositivo de control automático de frecuencia, de funcionamiento similar al descrito anteriormente en los circuitos con válvulas.

La entrada de antena —prevista, como siempre, para una impedancia simétrica de 240 a 300 ohmios— se transforma en la impedancia de entrada del circuito por medio del usual transformador de media onda constituido por las inductancias L_1 y L_2.

La variación de la impedancia de entrada en función de la frecuencia está compensada por la bobina que se encuentra situada en el circuito del emisor.

En el colector del transistor de entrada se sitúa una línea ajustable que, junto con la conectada en el emisor del transistor mezclador-oscilador, forma un filtro de banda. El acoplamiento entre ambos circuitos se efectúa a través del campo magnético, que pasa por unos agujeros que se practican en la pared que separa ambas líneas, y también mediante el campo eléctrico producido por la bobina de acoplamiento L_8.

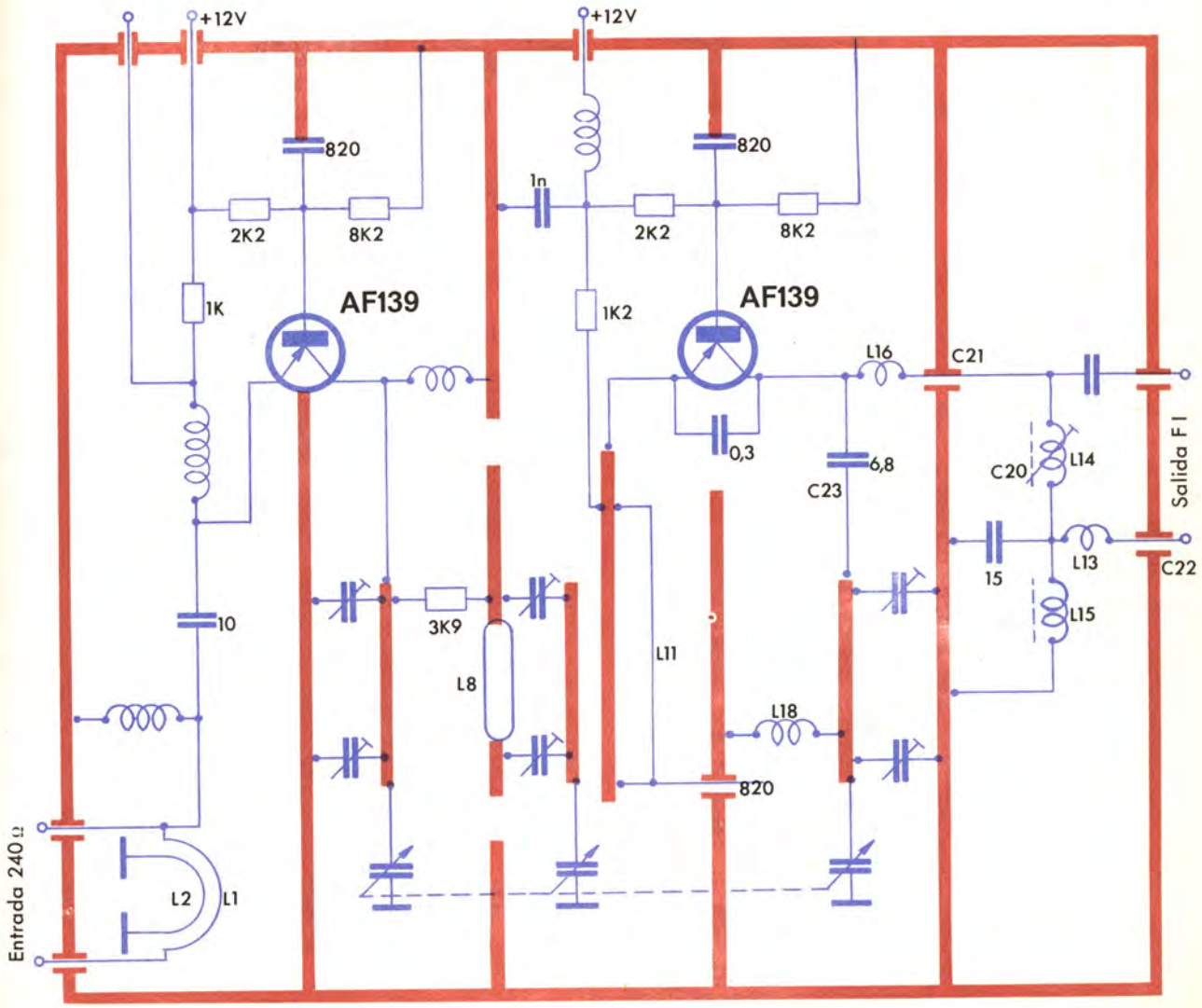


Figura 55. — Esquema eléctrico de un sintonizador de UHF transistorizado.

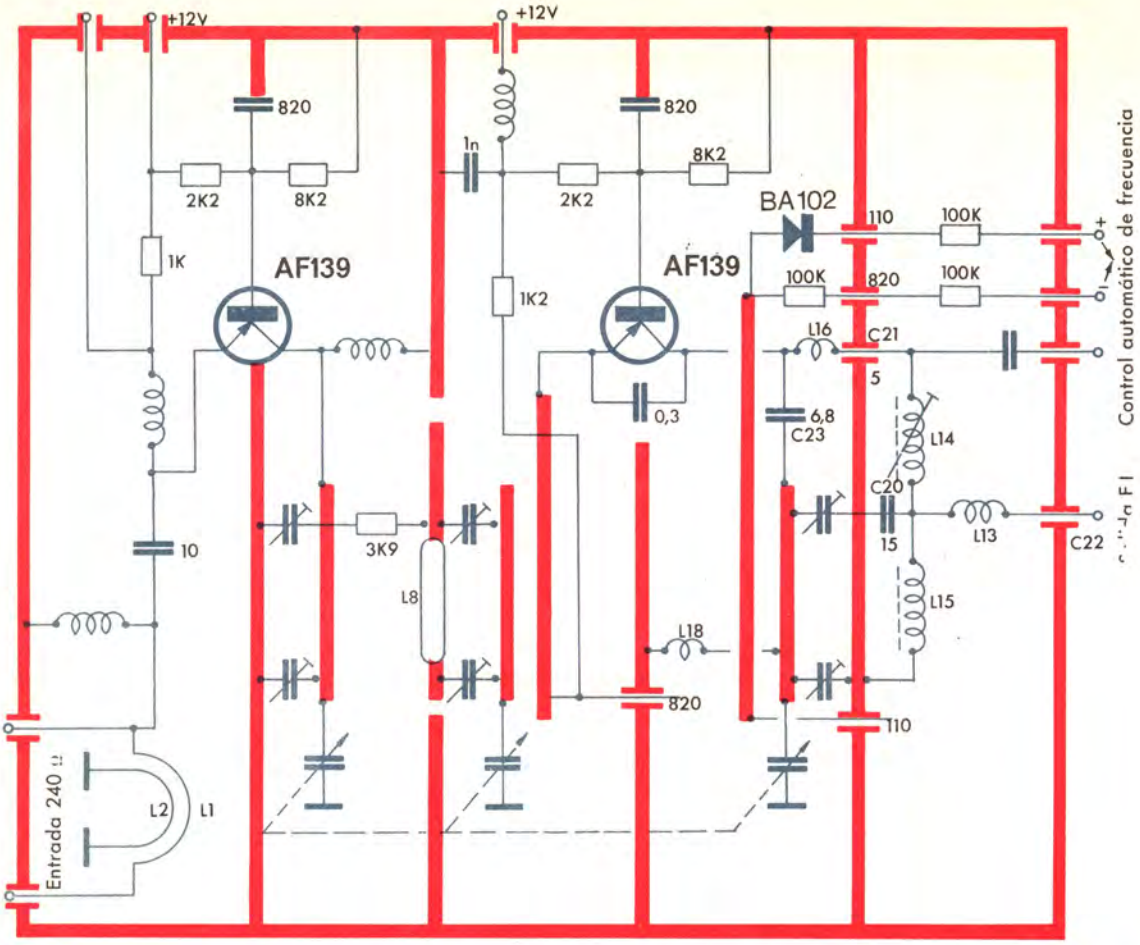


Figura 56. — Circuito eléctrico de un sintonizador con control automático de frecuencia

La señal amplificada se toma del filtro pasabanda mediante la bobina L_{11}, y se mezcla de modo aditivo con la tensión oscilante presente en el emisor del segundo transistor. En el colector de este transistor están conectados en paralelo el circuito de salida de frecuencia intermedia y la línea resonante, sintonizada a una frecuencia superior a la del canal que se quiere recibir.

Para impedir que el circuito de FI se desintonice cuando se procede al ajuste del oscilador, el acoplamiento entre este circuito y el transistor se hace muy débil regulando C_{23}.

La bobina L_{18} en el circuito oscilador cortocircuita la tensión de FI impidiendo su ingreso en el circuito oscilante. Además, ambos circuitos se encuentran desacoplados ulteriormente mediante el grupo L_{16} y C_{21}.

La tensión del oscilador presente en los bornes de entrada de antena es muy baja, gracias a la selectividad del filtro de banda de UHF y al bajo valor de la tensión oscilante presente en el emisor del transistor mezclado. La eventual irradiación que pudiera surgir a través de la salida de FI se lleva a los valores consentidos mediante

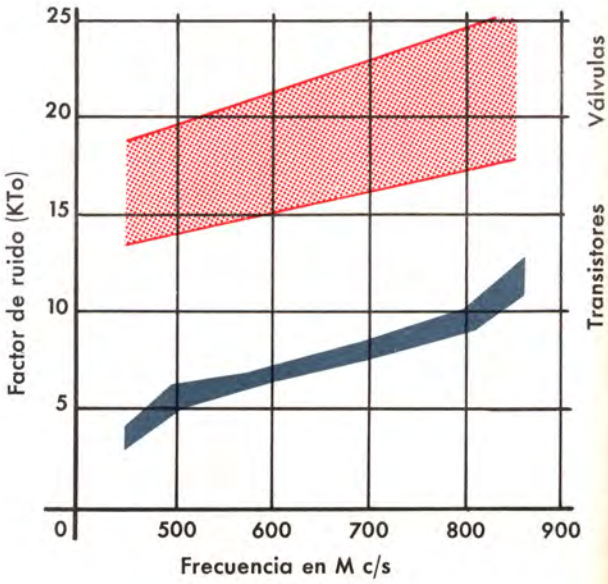


Figura 57. — Diferenciación gráfica entre el factor de ruido de un sintonizador para UHF a válvulas y el de un circuito equivalente con transistores.

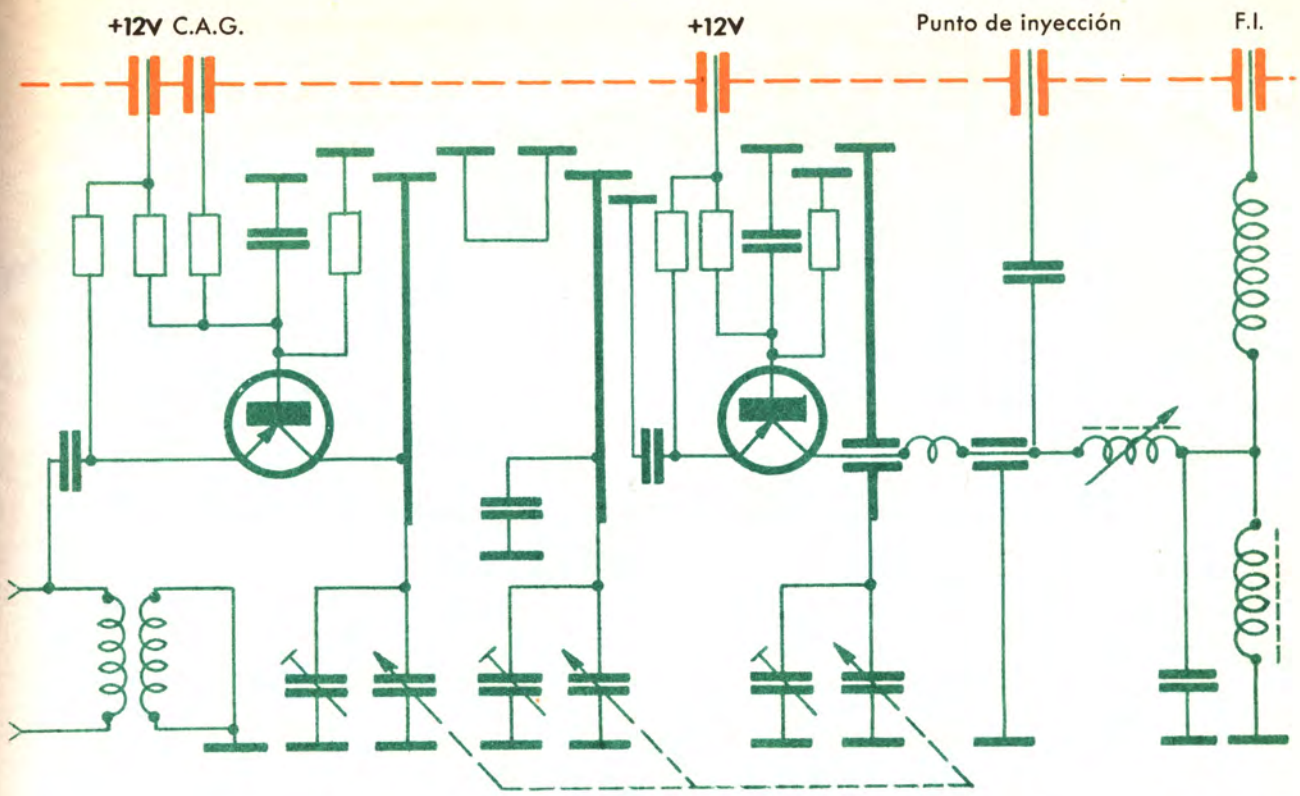
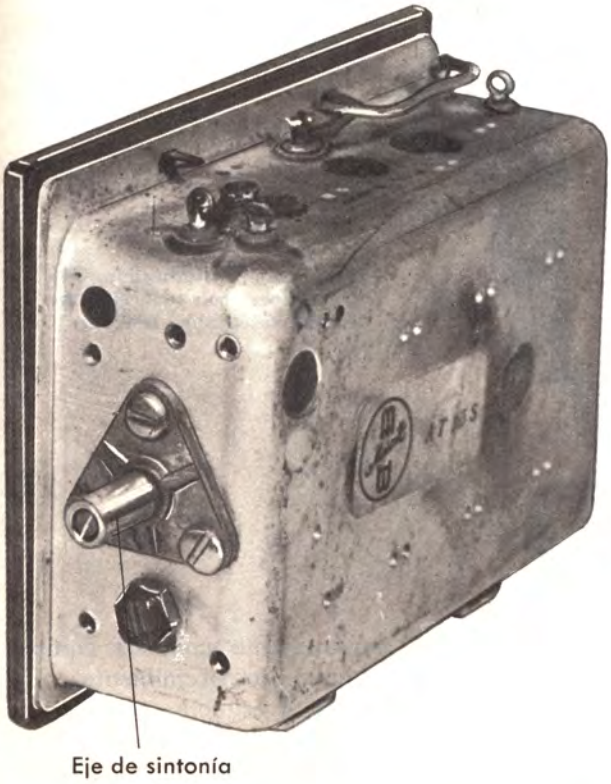


Figura 58. — Esquema eléctrico de un sintonizador de UHF a transistores con montaje de base común.



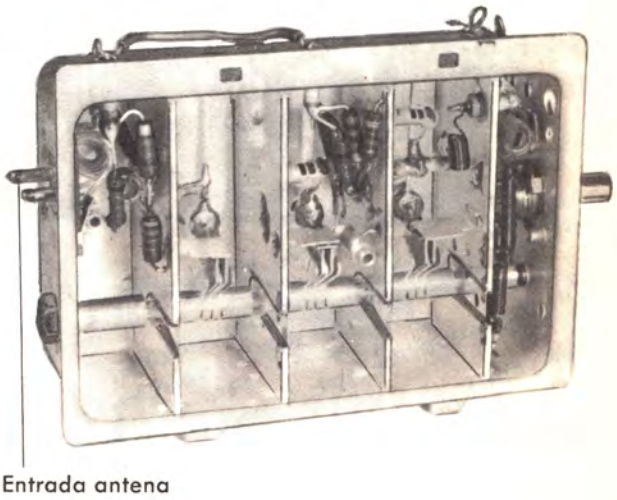


Figura 59. — Sintonizador de UHF a transistores (Miniwatt).

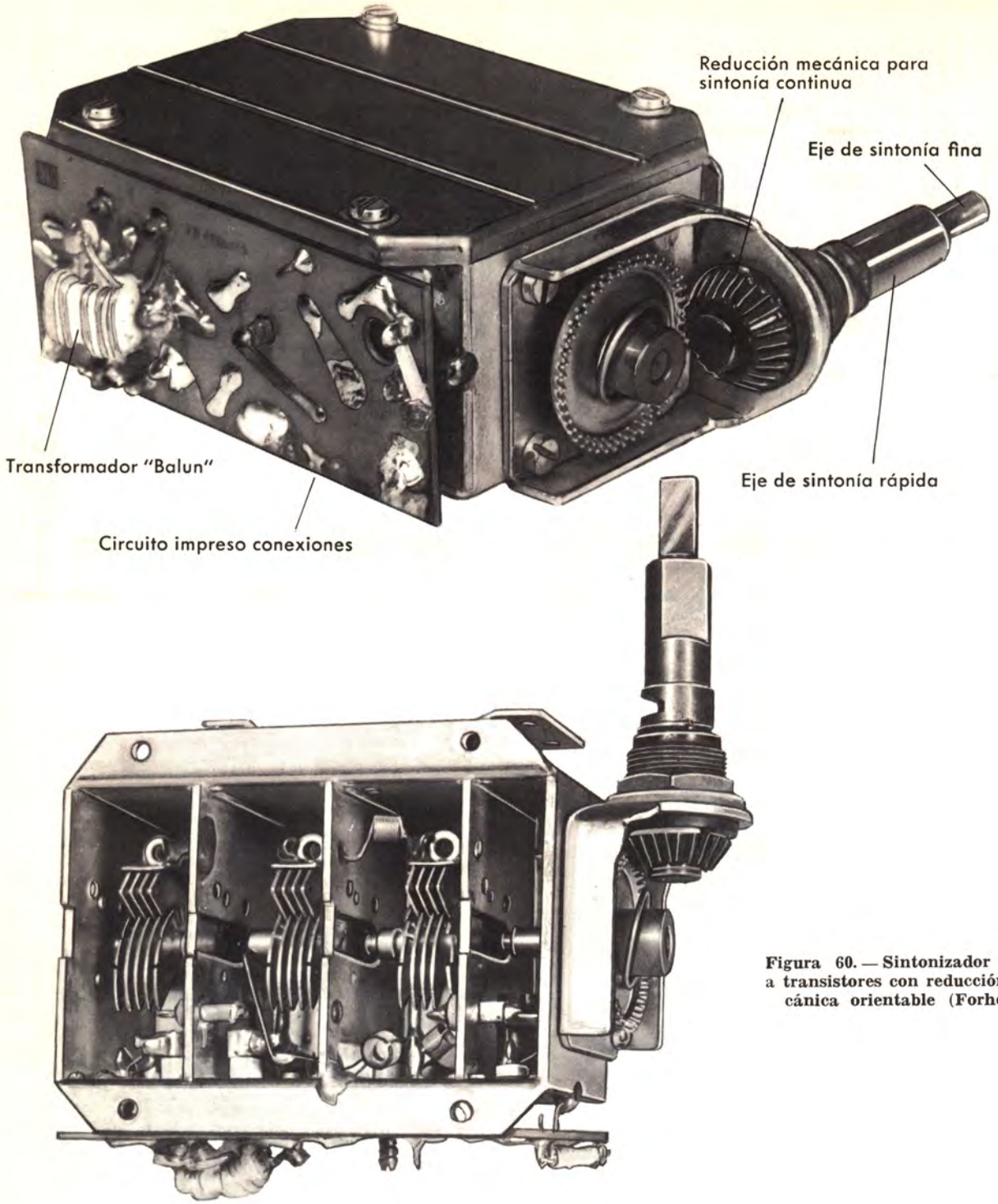


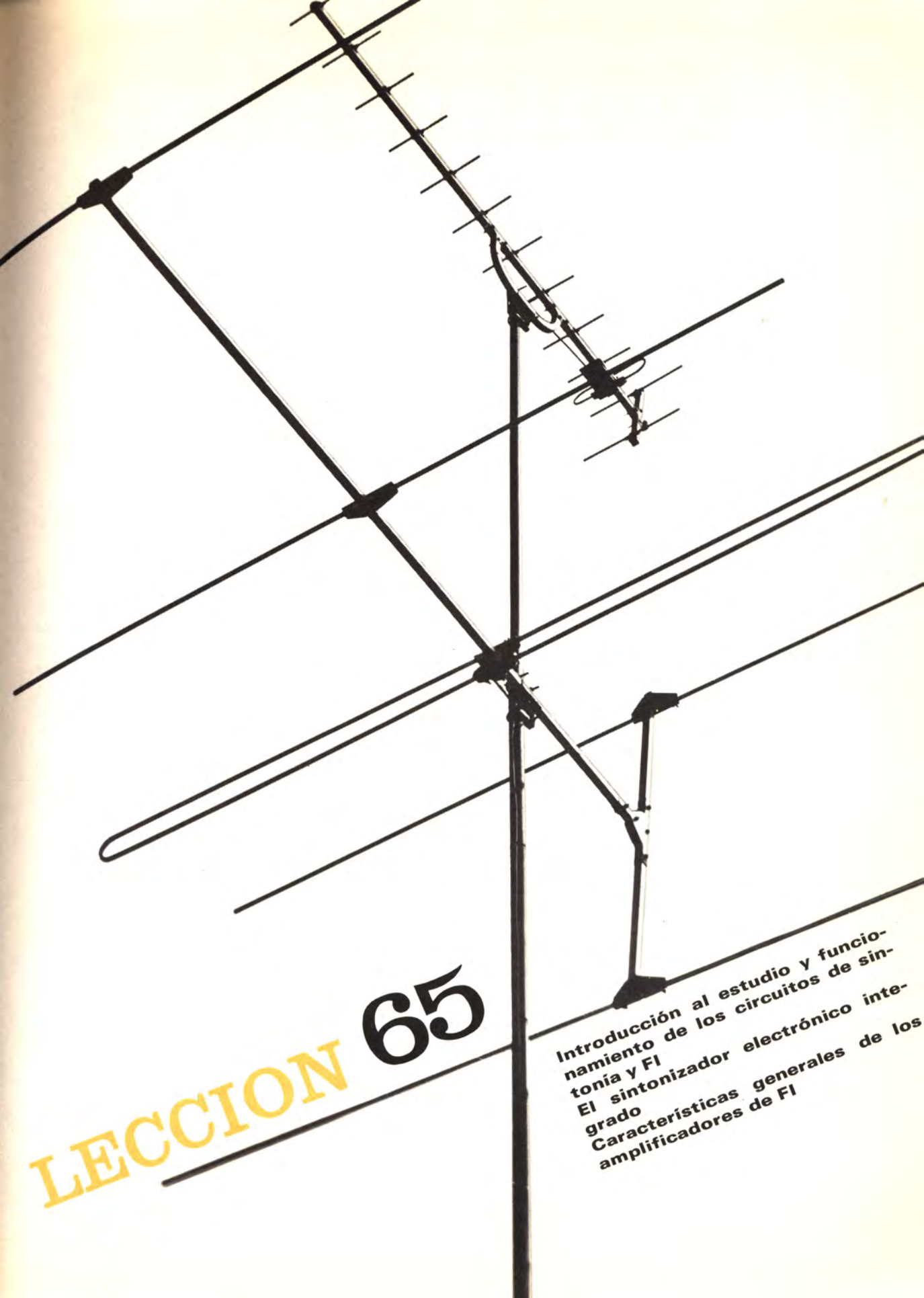
Figura 60. — Sintonizador UHF a transistores con reducción mecánica orientable (Forher).

la red de filtro formada por L_{13}, L_{14}, L_{16}, C_{20}, C_{21} y C_{22}.

Por lo general estos sintonizadores se alimentan con una tensión estabilizada de 12 voltios.

En la figura 57 se muestra la diferencia entre los factores de ruido propios de un sintonizador de UHF equipado con válvulas especiales y el que puede obtenerse normalmente con los equipos transistorizados producidos comercialmente.

La figura 58 muestra el esquema eléctrico de otro sintonizador de UHF que emplea dos transistores: el primero como amplificador de alta frecuencia y el segundo en circuito mezclador-oscilador, ambos con montaje en base común.



LECCION 65

Introducción al estudio y funcionamiento de los circuitos de sintonía y FI

El sintonizador electrónico integrado

Características generales de los amplificadores de FI

INTRODUCCION AL ESTUDIO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DE SINTONIA Y FI

INTRODUCCION

En la lección anterior estudiamos los circuitos de sintonía del receptor, es decir, los circuitos que dan entrada a la señal, la interpretan y la adaptan para que pueda luego amplificarse en forma de frecuencia intermedia y, después de detectada, excite los circuitos básicos de sonido, de video y de crominancia para obtener en el receptor el espectáculo auditivo y visual —en blanco y negro o en color—.

Este estudio nos dio a conocer la teoría y el principio de funcionamiento del circuito de sintonización, así como las realizaciones actuales de selectores con válvulas para VHF y sintonizadores con transistores para UHF que se utilizan corrientemente en los modernos receptores de TV.

Sin embargo, antes de continuar el estudio de los circuitos que recorre la señal ya sintonizada —el primero de los cuales es el amplificador de FI que estudiaremos en esta lección—, examinaremos los modernos equipos de sintonía recién puestos a punto por la industria de los componentes electrónicos en su constante y rápido progreso tecnológico; es decir, los selectores de VHF transistorizados, los selectores integrados de VHF/UHF, la sintonización con diodos de conmutación y con diodos de capacidad variable y los sintonizadores electrónicos integrados de VHF/UHF. También describiremos el caso particular de la adaptación de la sintonización de UHF en receptores de televisión fabricados sólo para VHF.

SELECTORES DE VHF TRANSISTORIZADOS

Estos selectores ofrecen, en general, las ventajas de tener mayor confiabilidad que los de válvulas y mejores características de funcionamiento y amplificación que aquéllos.

Acostumbran a estar constituidos por las tres etapas clásicas que ya conocemos: etapa de entrada o amplificadora de alta frecuencia (con el correspondiente control de ganancia), oscilador local y etapa mezcladora.

Las figuras 1 y 2 muestran dos realizaciones comerciales de estos selectores, similares a los correspondientes con válvulas aunque, como es lógico, no aparecen éstas por no existir, ni tampoco las torretas de FI, que se albergan en el interior del cuerpo del selector.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran los esquemas eléctricos típicos de estos selectores, que en común se caracterizan por su reducido consumo, poco volumen, gran seguridad de servicio, larga vida y magnífica actuación del CAG sin deformar la curva de banda pasante. Como características particulares cabe señalar que los transistores de silicio admiten temperaturas máximas de utilización de hasta 110° C; que unos son completamente independientes del sintonizador de UHF (figura 4) y otros —caso general— disponen de una en-

trada de la FI de UHF para que el transistor mezclado pueda trabajar como amplificador de FI cuando se sintoniza el segundo programa (figuras 5 y 6). Asimismo, en general, pueden conectarse directamente, para la inyección de la señal de FI, al amplificador de FI con transistores de un televisor transistorizado o híbrido (válvulas y transistores); a cambio, otros incluyen una pequeña unidad de adaptación (fig. 7) cuando la salida debe inyectarse a un amplificador de FI con válvulas.

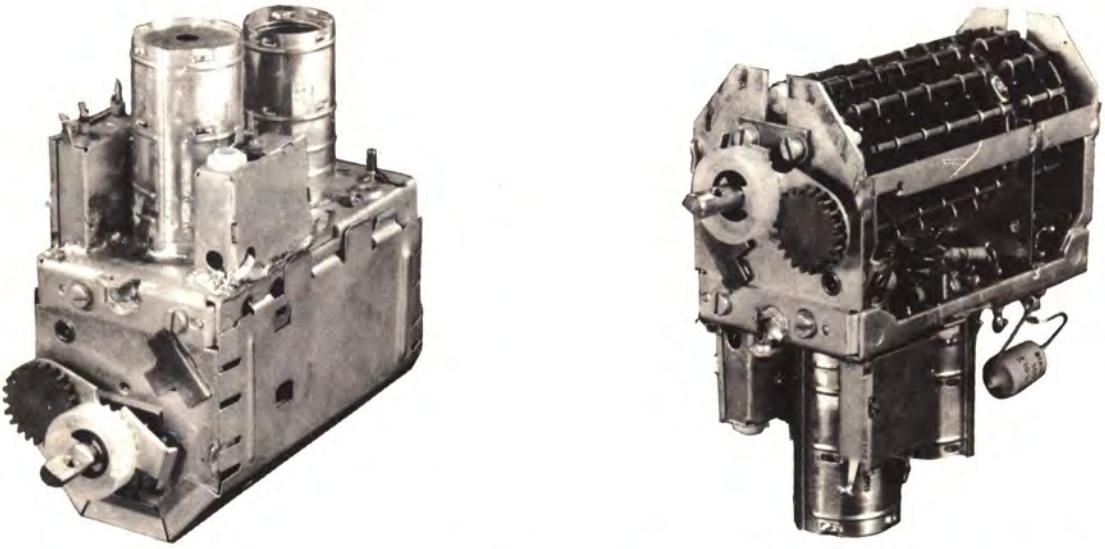


Figura 1. — Selector de canales VHF transistorizado tipo AT 7651/904 (Miniwatt).

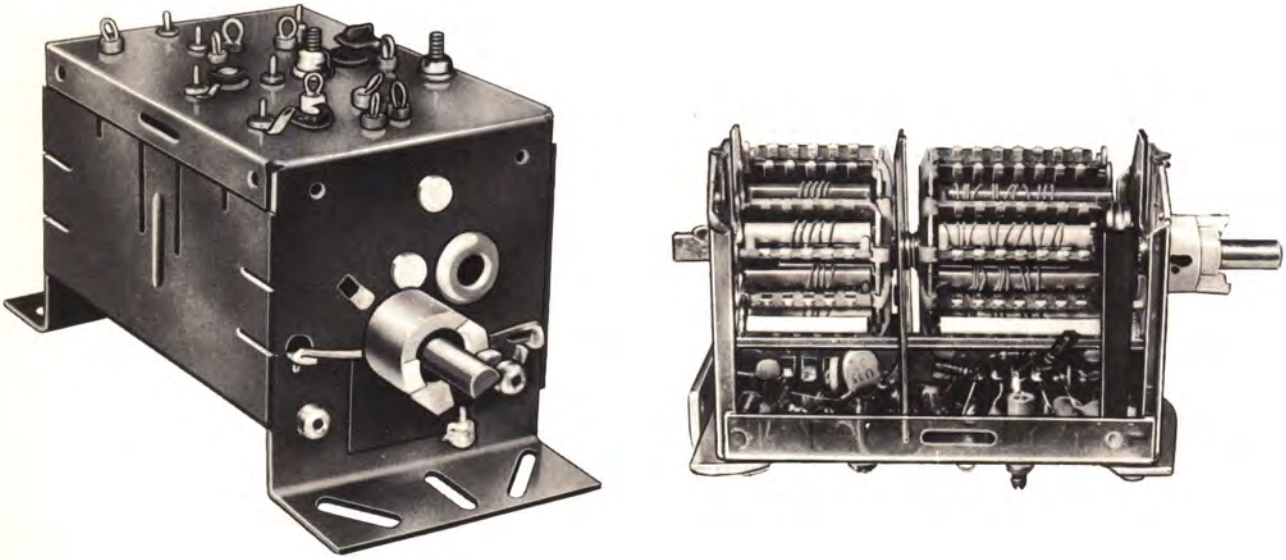


Figura 2. — Selector de canales VHF con transistores de silicio planar (tipo 1 T 204-Fagor).

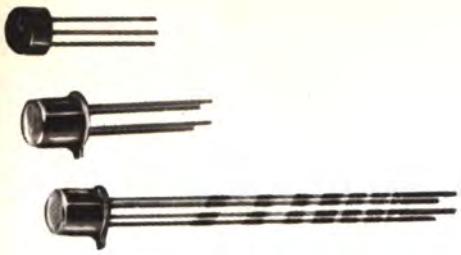
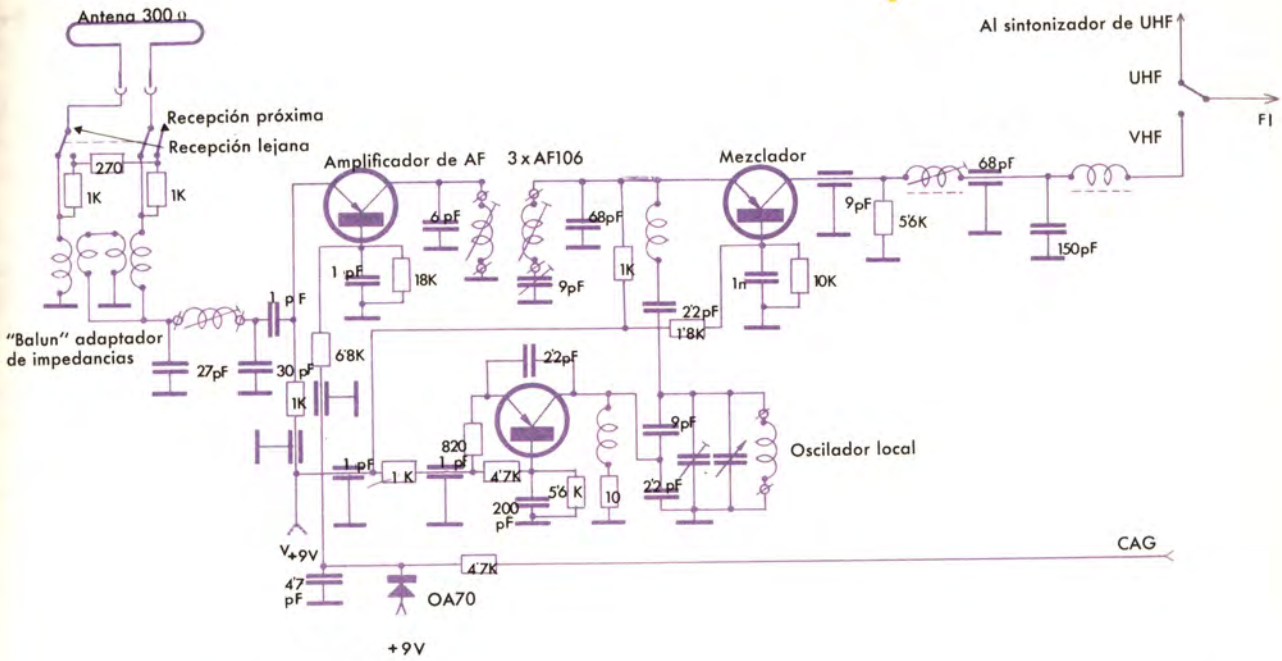


Figura 3. — Aspecto de los transistores utilizados en el selector de la figura 2.

Figura 4. — Circuito eléctrico de un selector de canales de VHF transistorizado.



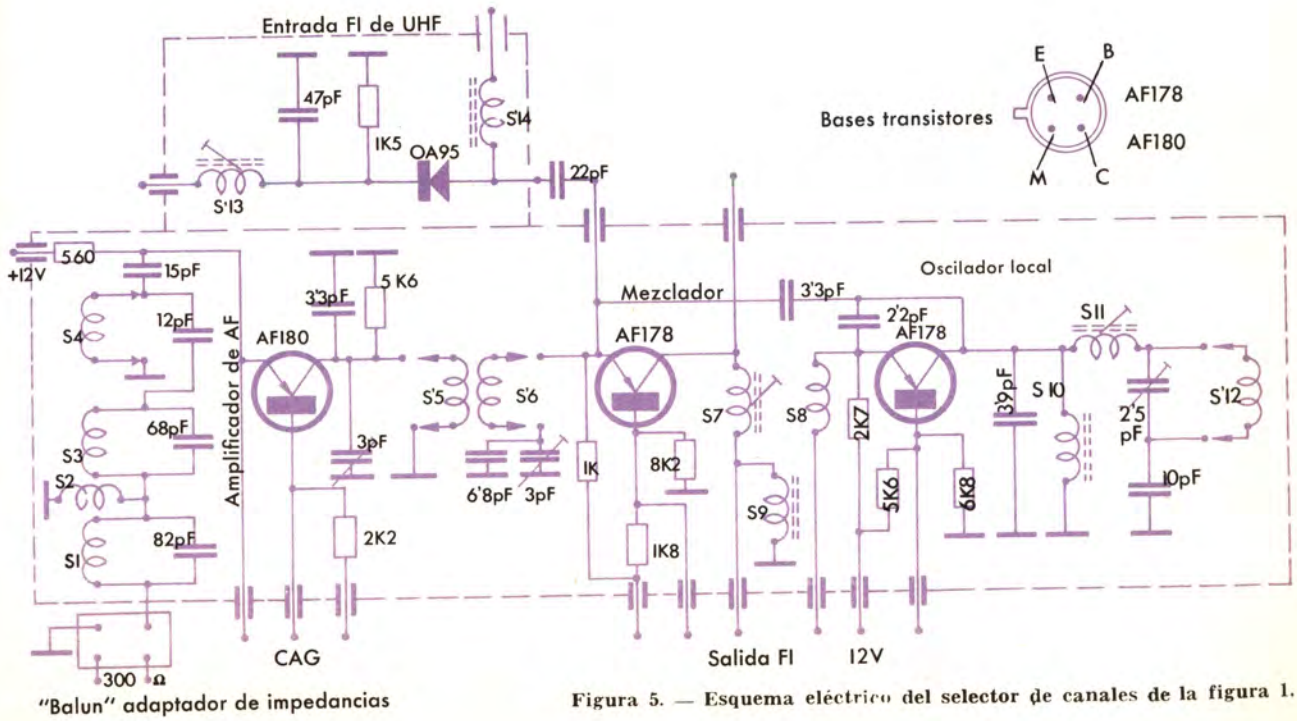


Figura 5. — Esquema eléctrico del selector de canales de la figura 1.

Figura 6. — Esquema eléctrico del selector de la figura 2.

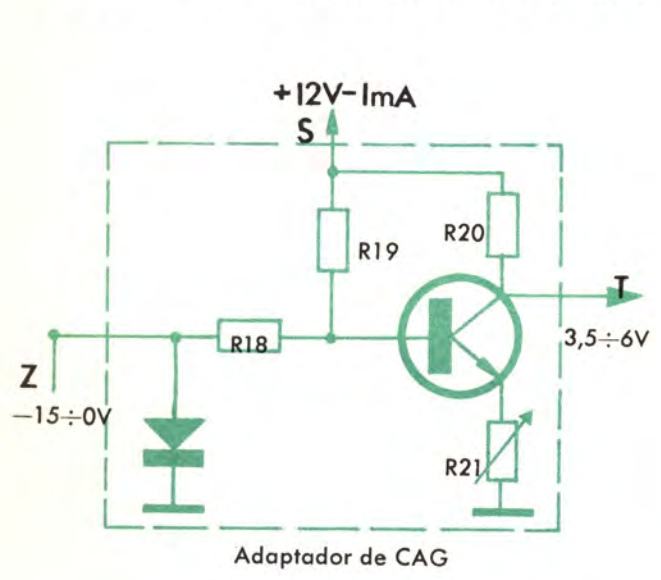
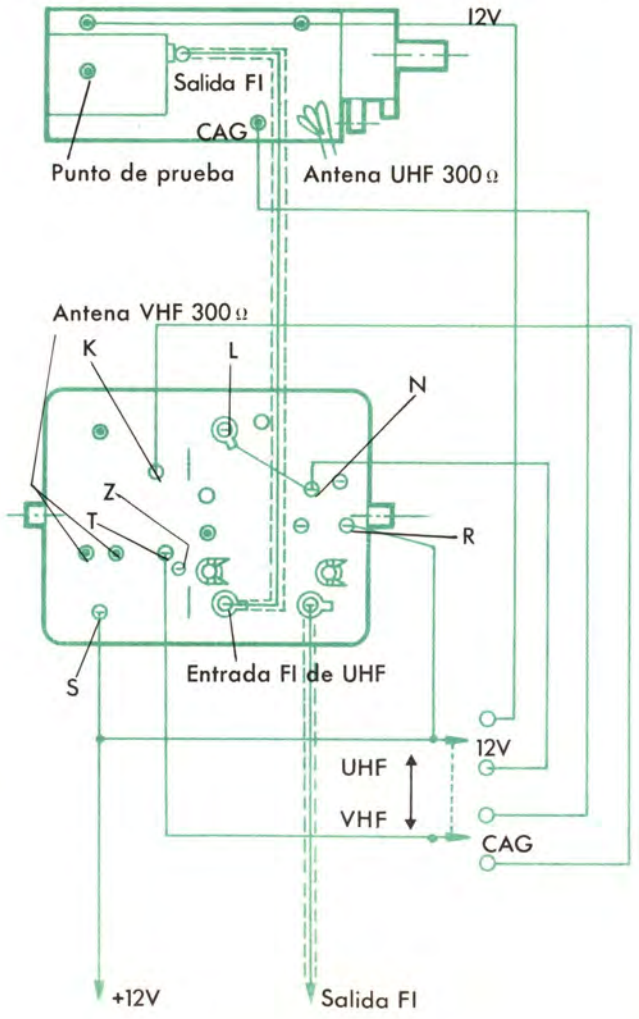


Figura 7. — Circuito de adaptación del CAG del selector de la figura 6 en televisores con válvulas.

Figura 8. — Conexionado del selector transistorizado de UHF.



En todos ellos, el transistor amplificador de alta frecuencia se monta en circuito de *base común*, ya que este montaje proporciona una elevada estabilidad de la ganancia (constancia de amplificación de tensión) y reducida interferencia entre las etapas de entrada y salida, con lo que así se reduce la radiación en antena del oscilador local; ello a pesar de que, como sabemos, el circuito de base común proporciona poca ganancia y bajo factor de ruido.

En la etapa mezcladora, unos tipos montan el transistor en base común (figs. 4 y 5) y otras en emisor común (fig. 6); en este último caso se quiere aprovechar la mayor ganancia inherente al circuito de emisor común sintonizando a diferentes frecuencias el colector y la base para eliminar prácticamente el riesgo de interferencias.

El acoplamiento entre el amplificador de alta frecuencia y el mezclador se efectúa con filtros de radiofrecuencia doblemente sintonizados, ajustados en fábrica de forma que se logren una banda pasante y una selectividad correctas.

La tensión del control automático de ganancia siempre se aplica a la base del transistor amplificador de alta frecuencia.

Los osciladores locales están constituidos por un circuito transistor en base común por tratarse normalmente de circuitos Colpitts que ya describimos con todo detalle en la lección anterior.

La inyección de la oscilación local al mezclador se efectúa en unos casos por acoplamiento capacitivo al emisor del transistor mezclador (figuras 4 y 5), y en otros por acoplamiento magnético (L6-L7 en la fig. 6).

En la práctica sólo es necesario ajustar, en el montaje del televisor, el oscilador local para el máximo de calidad de imagen para cada canal. Este ajuste se realiza en unos casos por medio de un condensador y en otros por medio de la inductancia.

Dada la gran diferencia de impedancias entre los circuitos con válvulas y los transistorizados, para el acoplamiento de uno de estos selectores a un amplificador de FI con válvulas se utilizan los circuitos adaptadores que hemos señalado (figura 7), constituidos por una red de adaptación y filtro uno de cuyos elementos —una resistencia— es variable para que sea posible regular el grado de retardo óptimo en cada adaptación.

Igual que en los selectores con válvulas, también en los transistorizados se anticipa el empleo del mezclador como amplificador de FI durante la recepción en UHF, por medio de una unidad de acoplamiento inductivo-capacitivo que constituye el secundario de un filtro de FI cuyo primario se halla en el sintonizador de UHF.

ADAPTACION DE UHF

Todos los televisores que se construyen en la actualidad están concebidos para recibir los dos programas o cadenas de televisión; es decir, tanto los canales de VHF como los de UHF. No obstante, existen televisores antiguos construidos para recibir únicamente los canales de VHF, ya que en la época de su concepción no existían emisoras de TV en UHF.

Bastantes de estos televisores antiguos se modificaron para recibir el programa de VHF; aun ahora puede darse el caso de tener que adaptar alguno que no lo esté.

Los sistemas de adaptación de UHF son fundamentalmente dos. Uno implica modificar la frecuencia de la señal captada en la antena; el otro exige la modificación o ampliación del televisor en sí mismo, así:

1. *Conversión* de la señal de UHF en señal de VHF.

2. *Inyección* de la señal de FI de UHF en el amplificador de FI del televisor.

Cada uno de estos dos sistemas fundamentales de adaptación de UHF se subdivide en tres realizaciones prácticas, con lo que en conjunto se tienen seis formas diferentes para adaptar el televisor para que reciba los programas de UHF. A saber:

— Conversión de la señal de UHF en una de VHF en la misma instalación de antena receptora.

— Conversión de la señal de UHF en una de VHF por medio de un aparato convertidor independiente, pero acoplado al televisor.

— Conversión de la señal de UHF en una de VHF por medio de un sintonizador convertidor acoplable al interior del televisor.

— Inyección de la FI de un sintonizador de UHF a la entrada del selector de VHF del televisor.

— Inyección de FI de un sintonizador de UHF a la entrada del amplificador de FI del televisor.

— Inyección de la FI de un sintonizador de UHF a la entrada destinada al efecto en los modernos selectores de VHF.

CONVERSOR DE UHF EN ANTENA

Estos conversores consisten, en esencia, en un amplificador y oscilador local-mezclador de sintonía fija preajustable; es decir, amplifican la señal de antena en un canal dado y convierten la frecuencia de la señal en una frecuencia —de salida— correspondiente a un canal de VHF que no sea el de recepción local del programa de VHF (incluso se elige la conversión en un canal muy distante del de VHF recibido).

Con ello, la realización práctica de tipo de adaptación es similar a la de las instalaciones de antena individuales o colectivas con amplificadores.

Este tipo de adaptación es muy adecuado para instalaciones de antena ya efectuadas —especialmente las colectivas— en que cualquier televisor preparado sólo para VHF, en la que reciba por ejemplo el canal 4, recibirá también el programa de UHF colocando el selector de canales VHF en el canal 10, por ejemplo.

Las figuras 9, 10 y 11 muestran varias realizaciones comerciales de convertidores de UHF para antenas. Estos convertidores se suministran ajustados para un canal dado de UHF en la entrada y un canal de VHF, también especificado, en la salida.

La principal dificultad de este tipo de adaptación reside en mantener constante y con toda seguridad las características de conversión. Por ello, el oscilador local utiliza un cristal de cuarzo para garantizar la estabilidad de conversión. (Figura 12.)

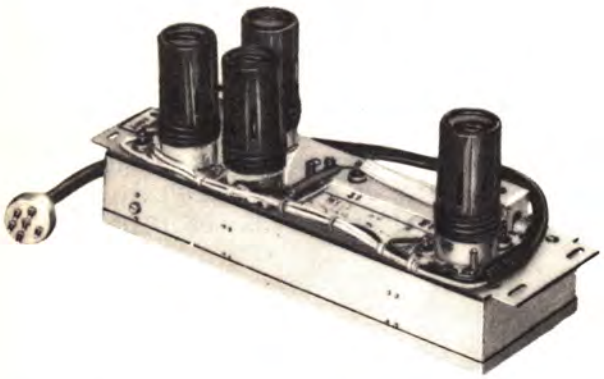


Figura 9. — Convertidor de UHF con válvulas para instalaciones de antena (PAE-ELCIV).

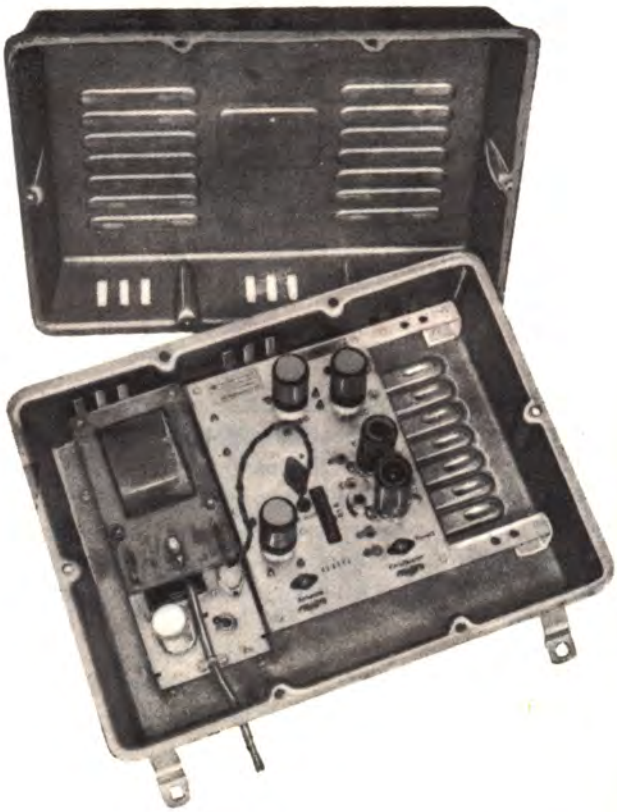


Figura 10. — Convertidor de UHF con válvulas montado en la caja de instalación de antena colectiva (INELEC-Hirschman).

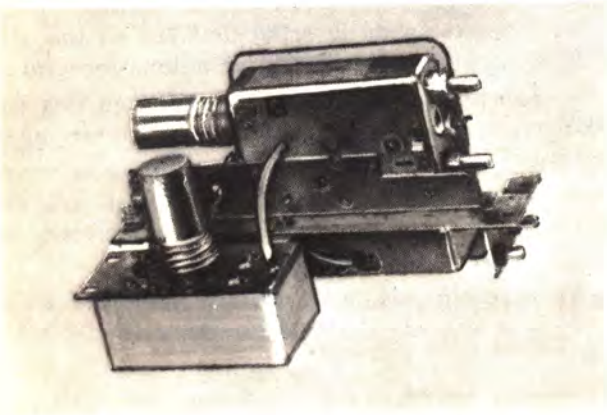


Figura 11. — Convertidor transistorizado de UHF montado en el chasis de instalación de antena colectiva (Tagra-Wisi).

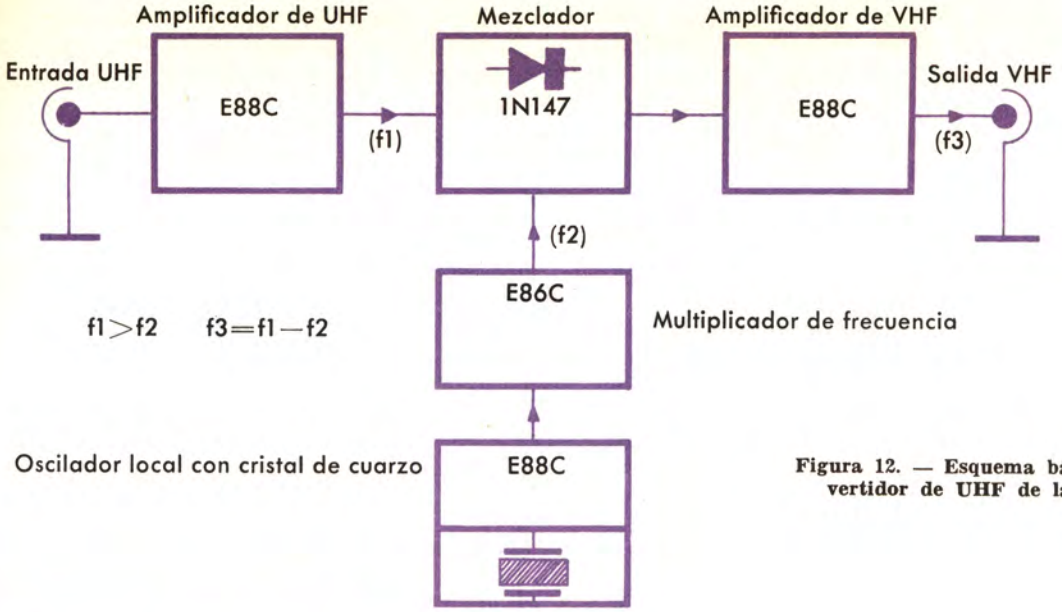
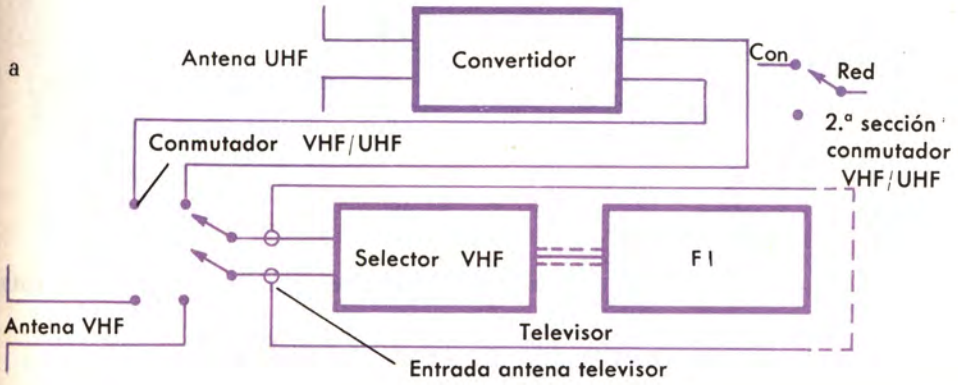


Figura 12. — Esquema básico del convertidor de UHF de la figura 9.

CONVERTIDOR DE UHF INDEPENDIENTE

Para los receptores preparados únicamente para VHF y sin lugar en el mueble donde aplicar un grupo sintonizador interno de UHF —o no quiera modificarse el televisor—, la solución más cómoda consiste en adoptar un aparato convertidor independiente.



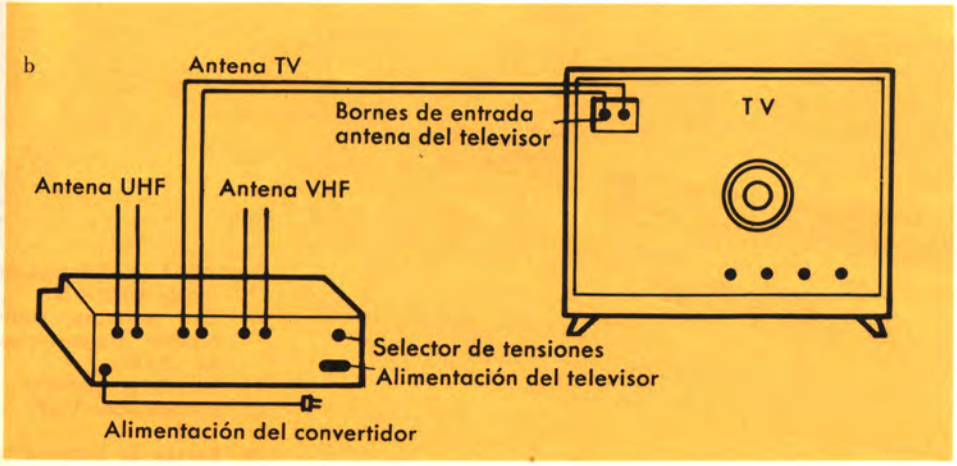


Figura 13. — Esquema básico de conexionado (a) y práctico (b) de un aparato convertidor de UHF a un televisor de VHF.

La señal de UHF se convierte en otra que coincida con un canal libre de VHF y se inyecta directamente a la entrada de antena del televisor. (Fig. 13.) La unidad de conversión de estos aparatos es normalmente del tipo transistorizado, con aspecto similar a los sintonizadores transistorizados de UHF, de los que sólo difiere en que la frecuencia de salida es la de un canal de VHF en lugar de ser la de FI del televisor. El aparato contiene, además del convertidor sintonizable, el conmutador para recepción en UHF o en VHF que conecta los bornes de entrada de antena del receptor a la unidad de conversión de UHF o directamente a la antena de VHF, además de establecer la alimentación del convertidor en posición de UHF. (Fig. 14.)

Estos aparatos, a diferencia de los convertidores de antena, pueden sintonizar a voluntad en toda la gama de frecuencias de UHF, lo mismo que los sintonizadores de UHF descritos en la lección anterior. La figura 15 muestra algunas realizaciones comerciales de estos convertidores, y la figura 16 muestra también la disposición interna de uno de ellos.

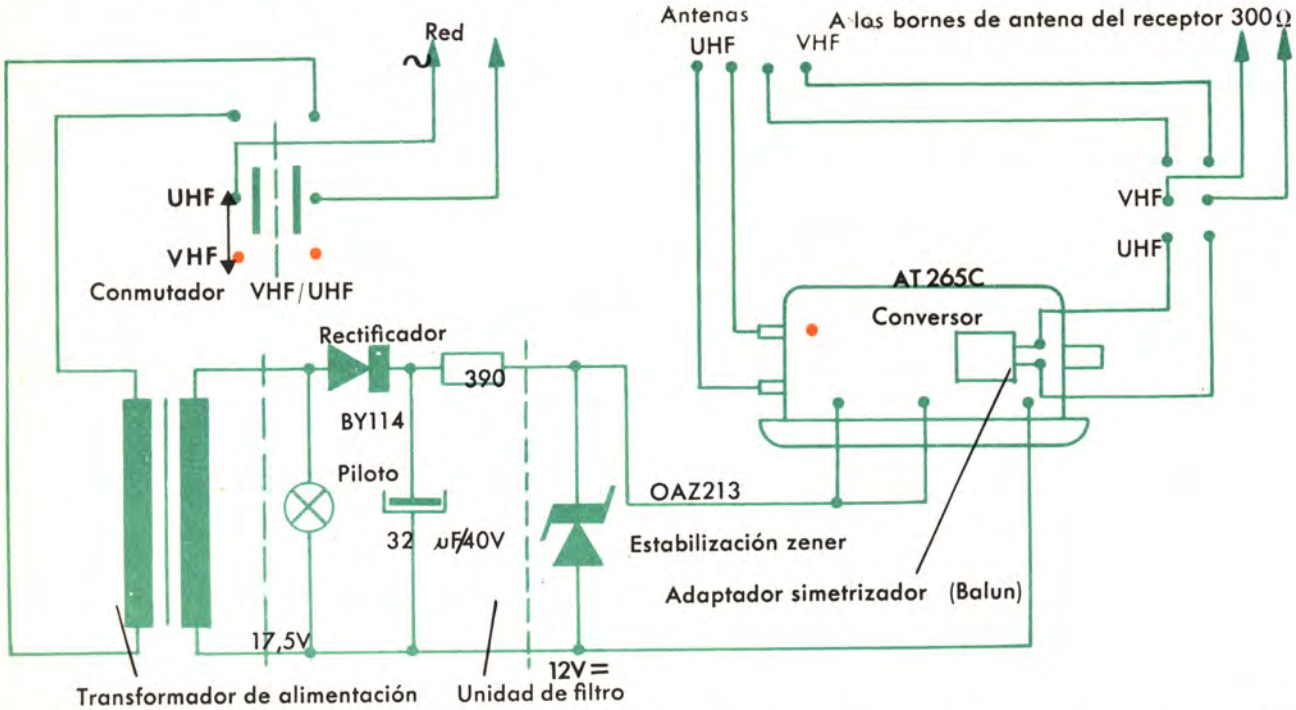
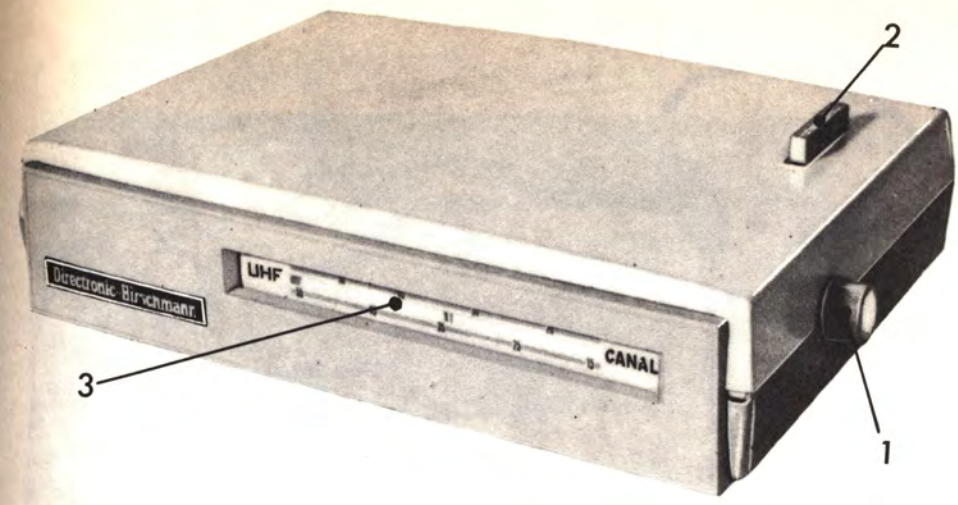
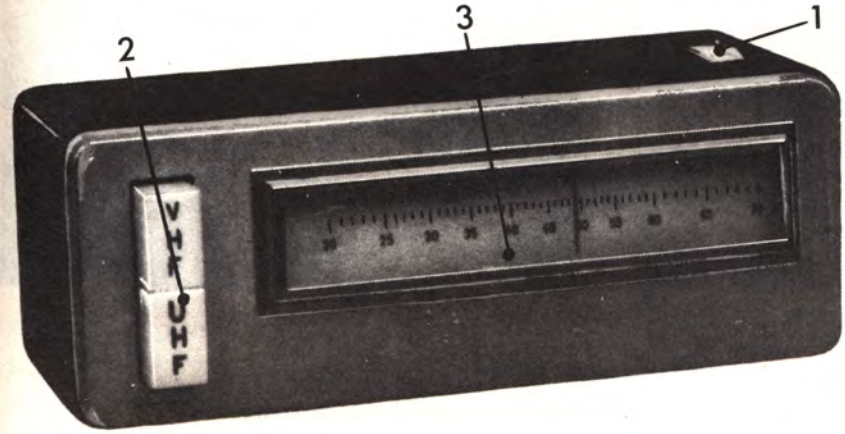


Figura 14. — Constitución interna de un aparato convertidor de UHF.

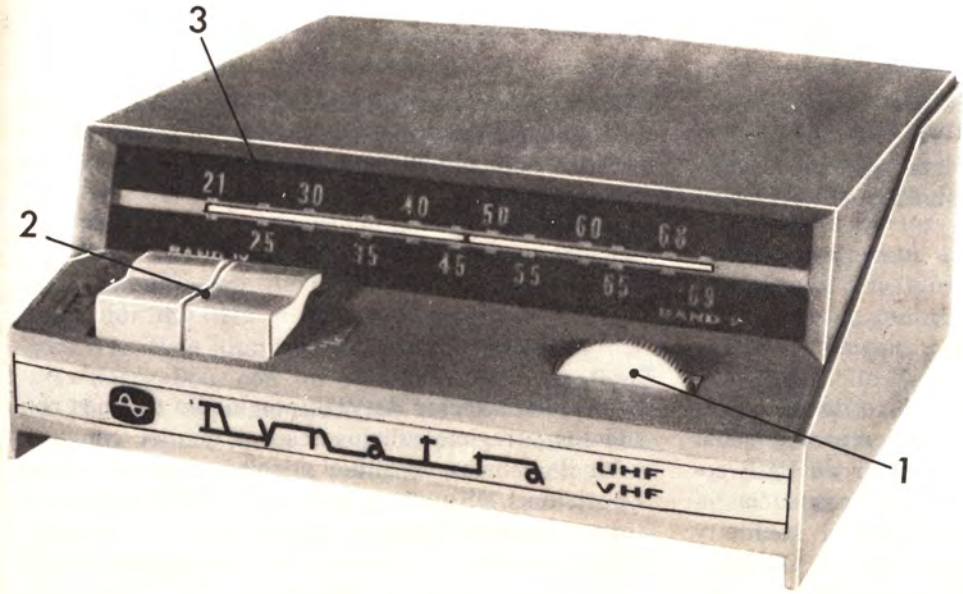
Figura 15. — Convertidores de UHF/VHF.
a) Con conversor sintonizable transistorizado (PAE).
1) Mando de sintonía
2) Conmutador VHF/UHF.
3) Escala de sintonía.



b) Con conversor sintonizable a válvulas (INELEC).
1) Mando de sintonía.
2) Conmutador VHF/UHF.
3) Escala de sintonía.



c) Con conversor sintonizable transistorizado AT 265 C (Experimental Copresa).
1) Mando de sintonía.
2) Conmutador VHF/UHF.
3) Escala de sintonía.



d) Con conversor sintonizable (Dynatra).
1) Mando de sintonía.
2) Conmutador VHF/UHF.
3) Escala de sintonía.

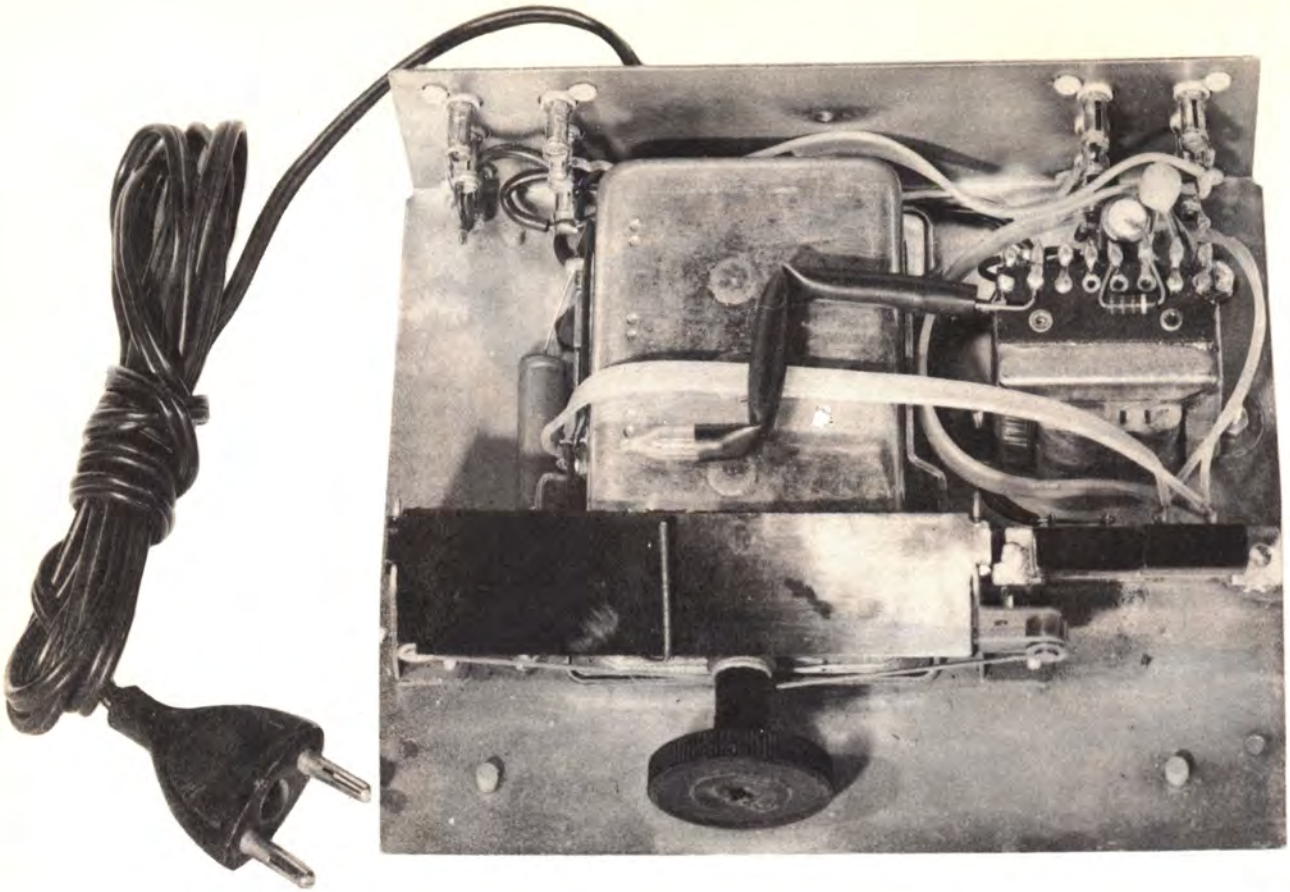


Figura 16. — Vista interior del convertidor de la figura 15 a.

CONVERSOR INTERNO DE UHF/VHF

Este tipo de adaptación de UHF a un televisor preparado únicamente para VHF es idéntico al anterior. La diferencia radica en que, en el caso presente, el conjunto del sintonizador-conversor, el conmutador y la alimentación se colocan dentro del mismo televisor. En realidad este método se utiliza muy poco, siendo sustituido por el de sintonizador acoplado en FI.

SINTONIZADOR DE UHF ACOPLADO A LA ENTRADA DE UN SELECTOR DE VHF

Esta adaptación se realiza dentro del televisor, como las restantes que examinaremos. La señal obtenida a la salida del sintonizador de UHF corresponde al valor normalizado de frecuencia intermedia; es decir, 33,4 MHz para el sonido y 38,9 MHz para la imagen, según normas CCIR.

Esta señal de FI de UHF se inyecta a la entrada del selector de VHF por medio de unos contactos y regleta adicionales del tambor conmutador de canales. Al situar el selector de canales en posición UHF todo el selector de VHF actúa como amplificadora aperiódico de FI. En dicha posición los contactos adicionales conectan la alimentación del sintonizador de UHF. (Fig. 17.)

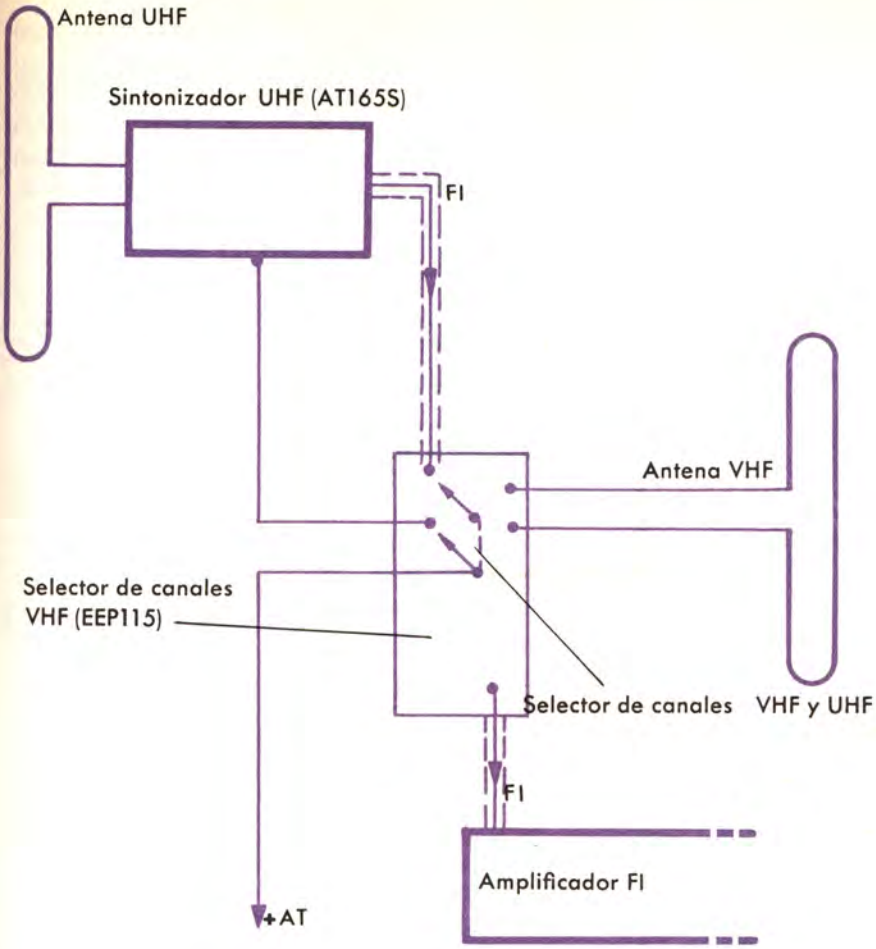


Figura 17. — Inyección de la señal FI de UHF a la entrada del sector de canales VHF.

SINTONIZADOR DE UHF ACOPLADO DIRECTAMENTE A LA ETAPA DE FI

En los televisores cuyo selector de canales no dispone de punto de inyección de FI de UHF, se puede conmutar la entrada de FI bien al selector de VHF o al sintonizador de UHF. (Fig. 18.)

No obstante, la ganancia de un sintonizador de UHF acostumbra ser inferior a la de un selector de VHF. Si se quiere compensar esta diferencia de sensibilidades debe intercalarse un sencillo paso amplificador de banda ancha entre el sintonizador de UHF y el amplificador de FI. (Figura 19.) Este amplificador auxiliar suele ser del tipo aperiódico, con un solo transistor. La figura 20 da el esquema eléctrico normalmente utilizado, la figura 21 la curva típica de banda pasante y la figura 22 dos realizaciones comerciales.

En la realización de estos amplificadores se requiere acortar todo lo posible el conexionado y ubicar el amplificador muy cerca del sintonizador de UHF.

En estos tipos de adaptación de UHF se observa que el cambio de programas no se efectúa, como en casos anteriores, sobre la señal de antena, sino sobre la frecuencia intermedia, que en un caso procede del selector de VHF y en otro del sintonizador amplificador de UHF. Además, la alimentación de los nuevos aparatos introducidos no la efectuamos a partir de la red, sino que se emplea la alta tensión de los circuitos anódicos del receptor, reducida a 12 V por medio de un divisor de tensión y estabilizada, si así se prefiere, con un diodo Zener o con una resistencia VDR. (Fig. 23.)

En el esquema de la figura 24 se observa que cuando funciona el circuito de UHF el de VHF deja de funcionar debido a la desconexión de su tensión de alimentación, lo que, además de las ventajas que puede representar en cuanto a consumo y desgaste innecesario de esta parte del

televisor, suprime posibles interferencias entre ambos conjuntos.

Debe tenerse en cuenta que los valores del divisor de tensión tienen carácter orientativo, ya que su verdadera magnitud debe establecerse de acuerdo con la tensión disponible en el aparato y los consumos de los nuevos elementos a introducir. En caso de duda se debe tener la precaución de tomar un valor más bien bajo que alto, para no dañar los transistores del circuito.

La figura 25 muestra una realización comercial de conjunto ya preparado de adaptación de UHF para el interior de un televisor construido sólo para VHF. Estos conjuntos presentan la ventaja de que las conexiones son muy cortas y necesitan reducido espacio para su inserción en el televisor.

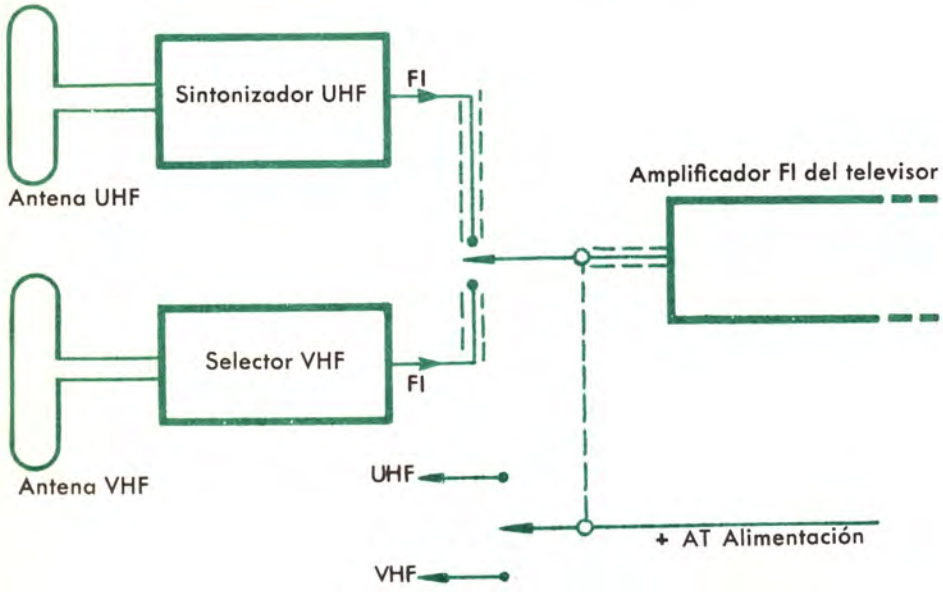


Figura 18. — Acoplamiento directo —conmutable— de un sintonizador de UHF al amplificador de FI del televisor.

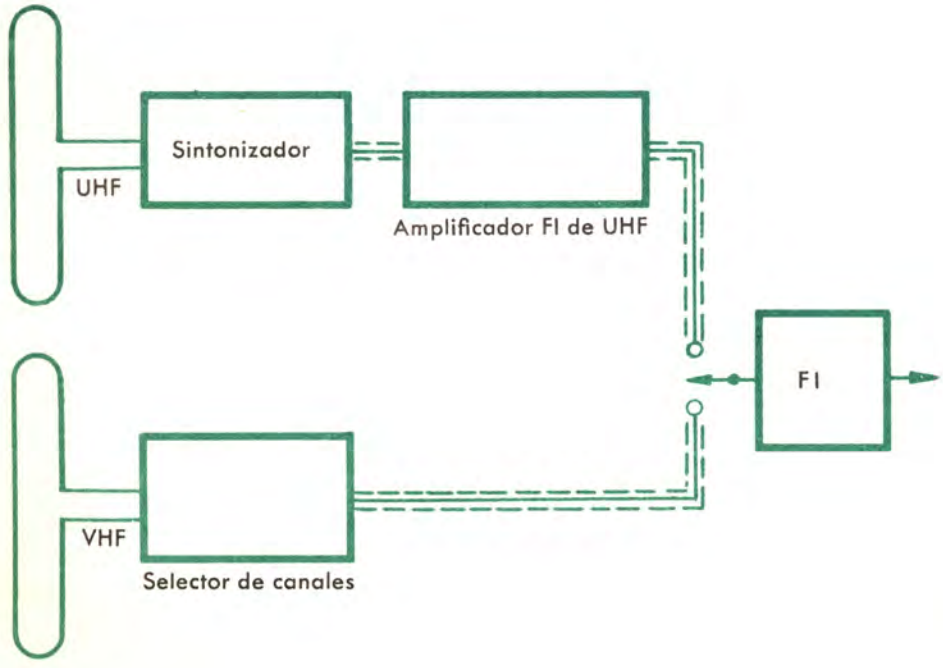


Figura 19. — Inyección de la señal UHF a la etapa FI mediante un amplificador auxiliar.

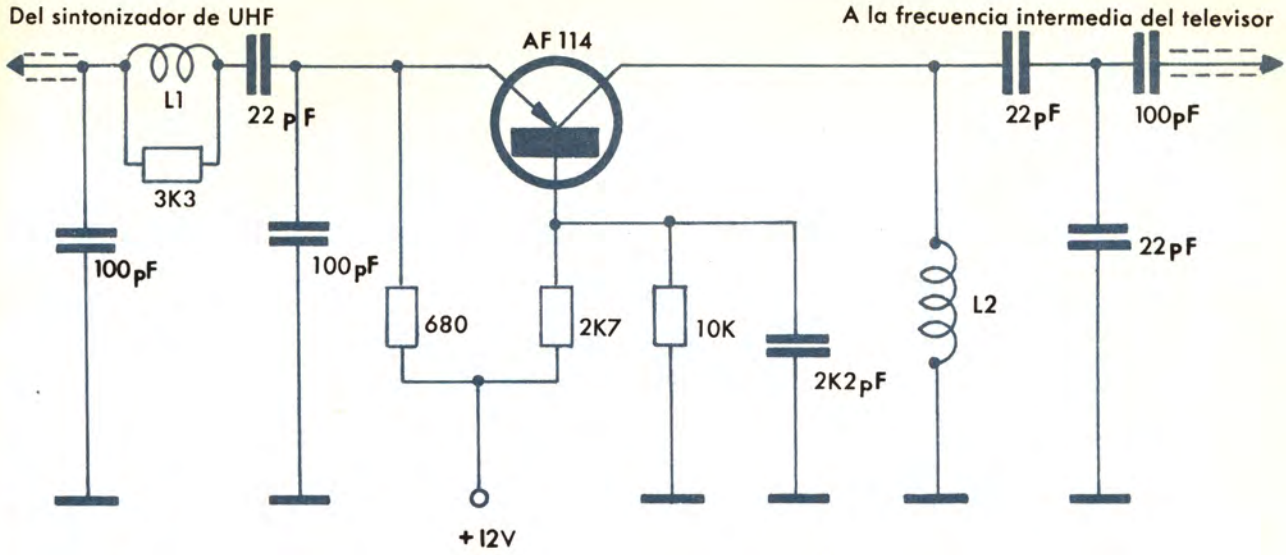


Figura 20. — Esquema de un amplificador auxiliar de FI para UHF.

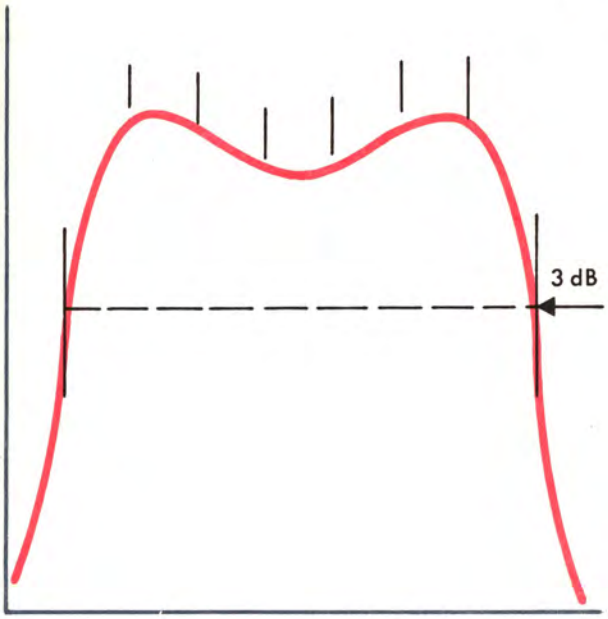


Figura 21. — Curva pasante del amplificador de la figura 20.

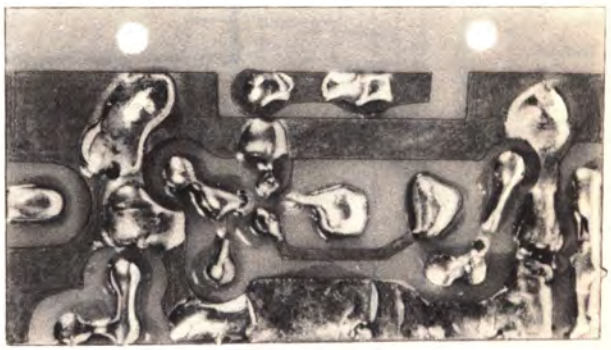
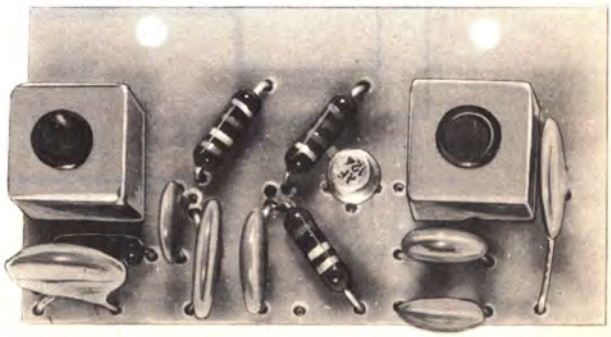
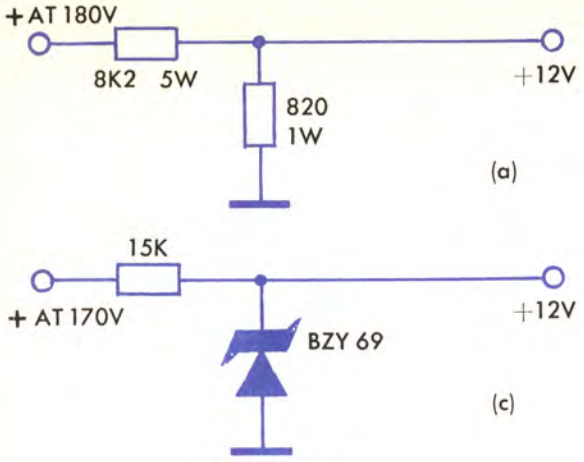


Figura 22. — Dos realizaciones prácticas sobre circuito impreso del amplificador auxiliar.





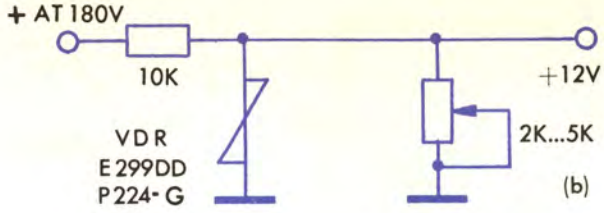
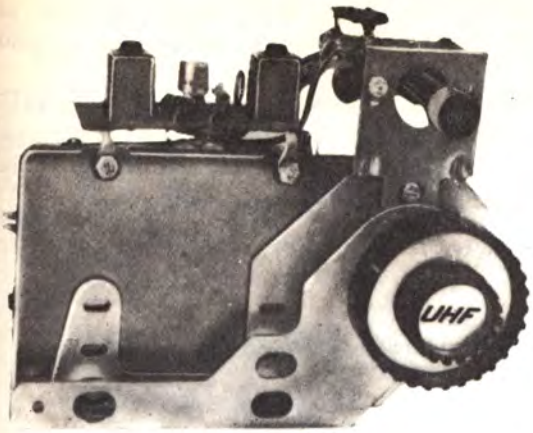
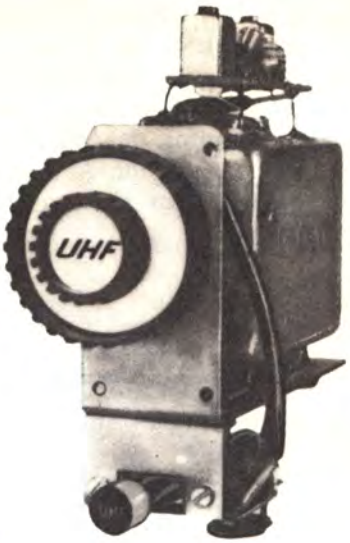
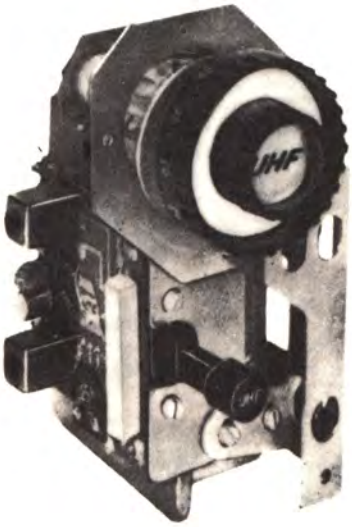


Figura 23. — Divisores de tensión sugeridos para la alimentación de sintonizadores de UHF y amplificadores auxiliares de FI de VHF transistorizados.
a) Con resistencias.
b) Con VDR y potenciómetro de ajuste de la tensión de salida.
c) Con estabilización por diodo Zener de silicio.

Figura 24. — Conexionado completo de adaptación de un sintonizador de UHF a un televisor de VHF.







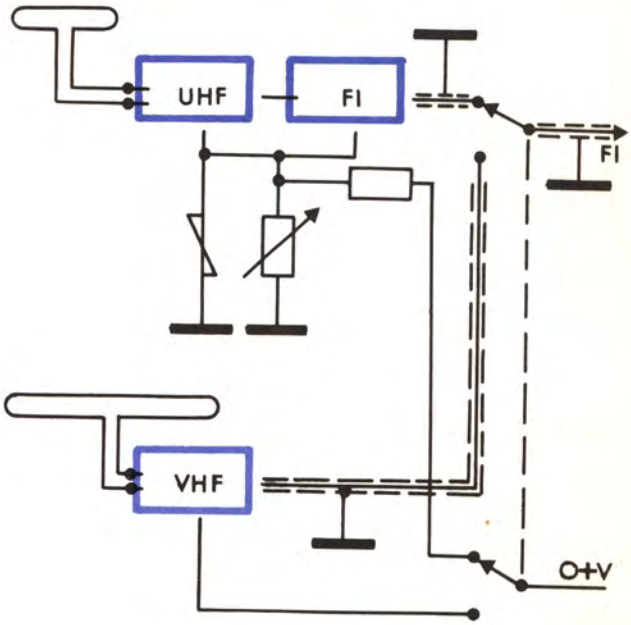


Figura 25. — Conjuntos de adaptación UHF previstos para su instalación en cualquier tipo de mueble de televisor, y su esquema eléctrico (Regicon-Dynatra).

SINTONIZADOR DE UHF ACOPLADO A LA ENTRADA FI DE UHF DE UN SELECTOR DE VHF

Este tipo de inyección es el que actualmente se realiza en todos los circuitos de televisores y es el que se ha mencionado al describir los selectores de canales de VHF y los sintonizadores de UHF. Es decir, consiste en que el selector de VHF moderno tiene una entrada de FI de UHF que constituye el secundario del transformador de adaptación, cuyo primario está en el sintonizador de UHF; al recibir el programa de UHF, el mezclador del selector VHF deja de actuar como tal

y se comporta como un amplificador de FI. En consecuencia no se necesita el amplificador adicional que describimos en el caso anterior.

En este tipo de inyección se dispone, igualmente, de una conmutación de las tensiones de alimentación de los circuitos de AF y oscilación local del selector al sintonizador. Al desconectar la alimentación en VHF, un sistema electrónico por diodo amortigua la bobina de UHF del selector. Asimismo se conmuta el CAG, aunque se aplica al paso conversor del selector cuando trabaja como amplificador de FI.

Con ello, si un televisor previsto sólo para VHF está equipado con un selector preparado para este tipo de inyección de FI de UHF, se utilizará este sistema de adaptación de UHF. (Fig. 26.)

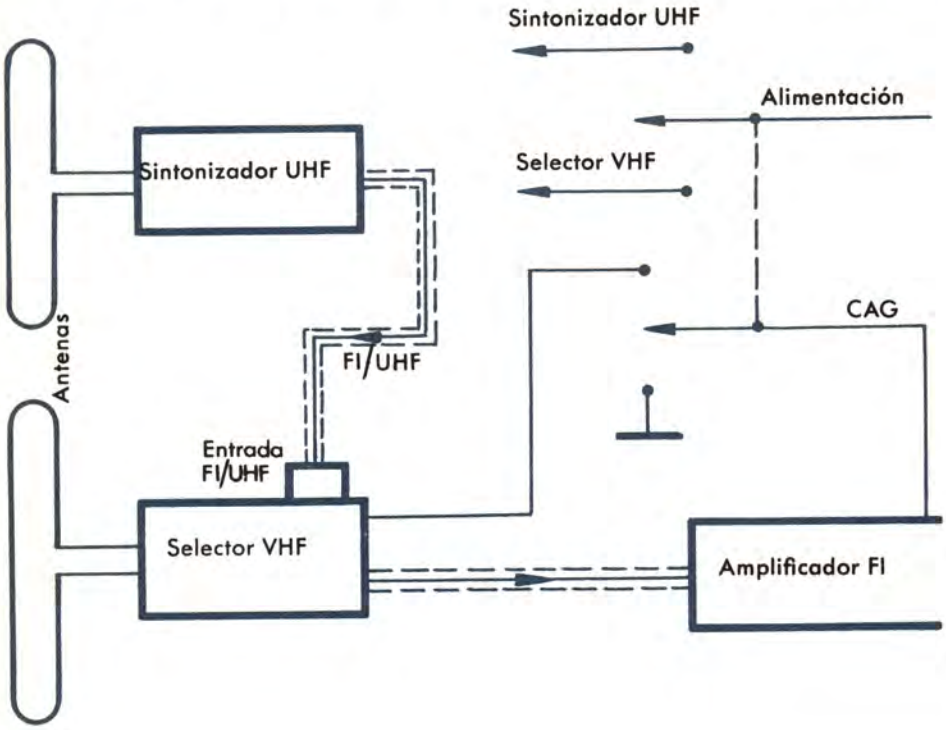


Figura 26 .— Inyección de UHF a los selectores de canales con entrada prevista al efecto.

SINTONIZADOR INTEGRADO DE VHF/UHF

Se trata de aparatos totalmente transistorizados en los cuales los sintonizadores de VHF y de UHF están integrados en una misma caja.

Comparándolo con los conjuntos descritos anteriormente tiene las ventajas de no necesitar acoplamientos entre ellos y de que los transistores que se emplean sirven en ambos canales. Los circuitos son, con ligeras variantes, muy parecidos a los que hemos descrito anteriormente para los selectores y sintonizadores.

Las figuras 27 y 28 muestran dos sintonizadores de este género, Miniwatt y Roselson. Son visibles los pulsadores para la sintonización automática de cualquier programa de TV en las bandas de VHF y UHF (en blanco y negro o en color).

Su realización en UHF se basa en la técnica de cuarto de onda. El de la figura 28 está equipado con tres transistores mesa de germanio de los tipos AF239, AF139 y AF106, todos ellos montados en circuito de base común. La función de cada uno es la siguiente:

El transistor AF239 actúa de amplificador de alta frecuencia, tanto en la banda de VHF como en la de UHF, por medio de la conmutación de los correspondientes circuitos de acoplamiento.

El transistor AF139 funciona como oscilador-mezclador en la banda de UHF, mientras que en la banda de las frecuencias de VHF funciona como oscilador.

El transistor AF106 actúa como amplificador de FI en la banda de UHF, pero en la banda de VHF funciona como mezclador.

En la figura 29 se indica el esquema eléctrico del conjunto del sintonizador integrado. Puede observarse la mezcla entre los circuitos de cuarto de onda en la parte inferior con los tradicionales en la parte superior. La alimentación, como en casi todos estos circuitos transistorizados, trabaja

a 12 voltios; se admite una variación máxima del orden del 10 por 100.

Esta tensión de alimentación, como antes vimos, puede tomarse del circuito de alta tensión, si se trata de un aparato con válvulas, o directamente de la batería en el caso de aparatos portátiles. Si se toma la alimentación a partir de la alta tensión del circuito de válvulas conviene efectuar una estabilización por medio de un diodo Zener, para evitar variaciones de tensión que pueden ser nocivas para el aparato: tanto más si tenemos en cuenta se trata de un conjunto transistorizado con elementos de germanio, los cuales son bastante sensibles a las sobretensiones que siempre se producen en los receptores de válvulas en el momento de su puesta en marcha por la ausencia de consumo en los circuitos anódicos por falta o retraso en el caldeo del cátodo.

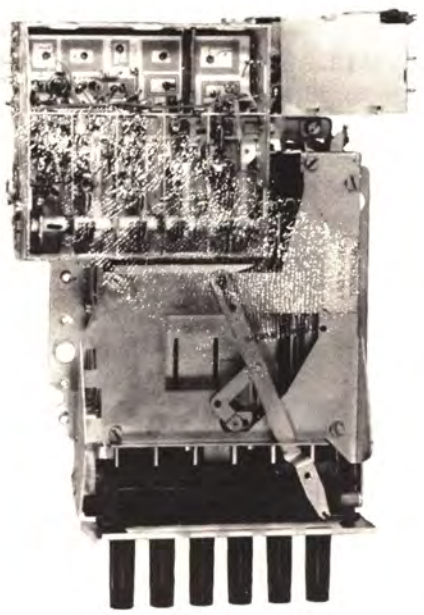


Figura 27. — Selector de canales "integrado" con circuitos transistorizados para la sintonización automática de cualquier canal de VHF y UHF (Miniwatt - AT 7632).

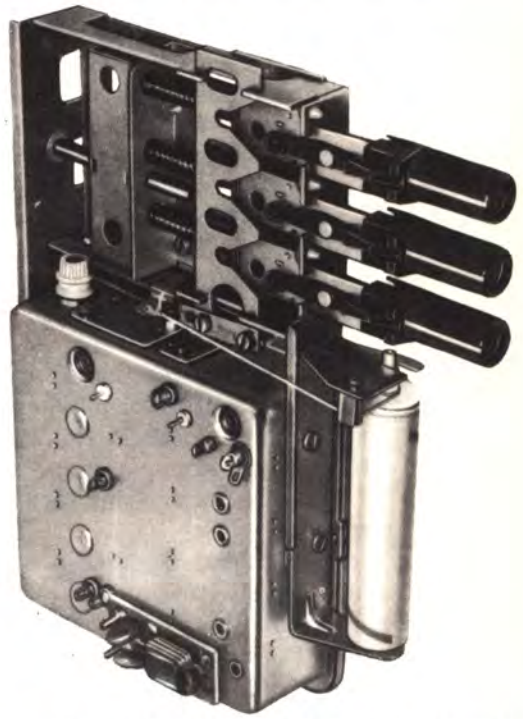


Figura 28. — Otro tipo de sintonizador integrado VHF/UHF a transistores (Roselson - RI O 3 T).

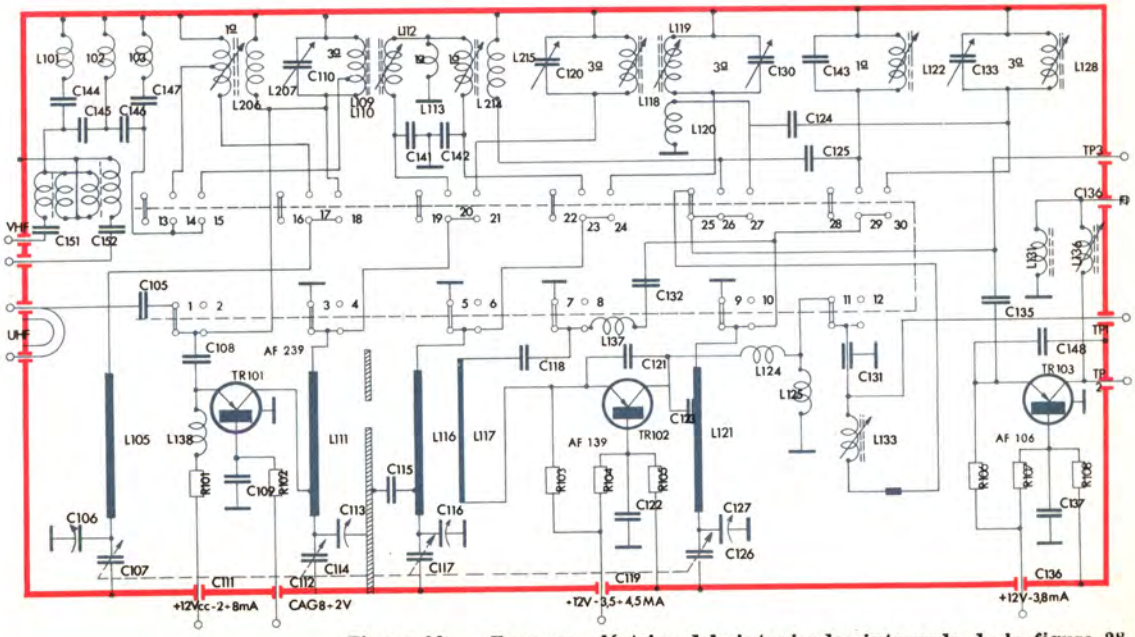


Figura 29. — Esquema eléctrico del sintonizador integrado de la figura 28.

EL SINTONIZADOR ELECTRONICO INTEGRADO

Recientemente se ha desarrollado cierto tipo de diodo de capacidad variable, cuyo empleo se ha destinado principalmente a los sistemas de sintonía electrónica en televisión, tanto en la banda de VHF como en la de UHF. El movimiento mecánico requerido para la sintonía en los dispositivos usuales queda sustituido en el sintonizador electrónico por una tensión continua, o de sintonía, regulable por medio de un simple potenciómetro. Por medio de diodos semiconductores no sólo es posible efectuar la sintonía del sintonizador, sino también la conmutación de las distintas bandas de recepción.

La figura 30 muestra el circuito de un sintonizador para VHF y UHF. En total, el sintonizador está equipado con cinco transistores. Tres de ellos se emplean respectivamente en el paso amplificador previo de entrada en antena, en el circuito mezclador y en la etapa osciladora local de VHF, y los otros como amplificador previo y como oscilador-mezclador común en UHF. En el funcionamiento en UHF el transistor que actúa de mezclador en VHF funciona como amplificador de frecuencia intermedia.

La sintonía en la unidad de VHF se lleva a cabo mediante dos diodos *varicap* que reciben la correspondiente tensión de sintonía a través de los bornes V, mientras que la tensión de los *varicap* de sintonía en UHF se aplica al borne U de la unidad.

En el circuito de entrada de antena de VHF, para el funcionamiento de la banda I, entra en servicio el filtro de banda conectado en paralelo con la combinación formada por dos condensadores y una inductancia que tiene entre sí un punto de unión común. Por otra parte, el primero de los dos diodos de conmutación BA136 pone en cortocircuito la entrada del filtro de banda del margen de sintonía III, que está conectado, a través de una inductancia simple, al punto de unión común, mientras que la capacidad de salida de este filtro se ajusta con el filtro que corresponde a la banda I. La función de conmutación, para pasar del margen de sintonía I al III, se lleva a efecto cuando los diodos reciben una tensión de gobierno de 50 V negativos, de forma que se abre el cortocircuito que existía sobre el filtro de la banda I. El circuito filtro para la banda III, del cual ya se ha hablado y que está unido al punto de conexión común mediante una inductancia, está cargado a la entrada, en parte, por el filtro de la banda I, lo cual, sin embargo, no altera su funcionamiento normal.

Si el conmutador de bandas está colocado en la posición que corresponde al margen III, se aplica a los diodos una tensión de polarización positiva de 23 V, de forma que estos dos diodos de conmutación dispuestos en el filtro de radiofrecuencia, así como el tercer diodo del conjunto, dispuesto en el circuito del oscilador local de VHF, se llevan al margen de conducción. En estas condiciones, los dos filtros de banda, acoplados a los puntos comunes de unión por medio de inductancia, se ponen en cortocircuito, con lo que se acoplan entre sí el condensador en serie C_1 y el condensador C_2. Durante la recepción en la banda I, los dos diodos de conmutación están bloqueados, de forma que son activos los elementos inductivos parciales y el acoplamiento del punto común a través de la bobina simple. El oscilador de VHF está, por tanto, totalmente controlado por medio del diodo BA136: en la banda III, por estar polarizado en sentido directo de conducción, con lo que se pone en cortocircuito, para efectos de señales de alta frecuencia, la inductancia parcial inferior del circuito de resonancia; mientras que en la banda I el diodo se mantiene en estado de bloqueo y la bobina permanece inactiva.

El sexto diodo de conmutación del sintonizador se encuentra dispuesto a la entrada del circuito mezclador de VHF y se emplea para procurar la conmutación entre el funcionamiento como paso mezclador de VHF y como amplificador de FI. En VHF, el diodo de conmutación aquí empleado, que es del tipo AU165, se polariza en sentido directo de conducción, con lo que se pone a masa, para efectos de radiofrecuencias, el lado *frío* de la bobina de acoplamiento del filtro de entrada en VHF y se pone asimismo en cortocircuito, por el mismo camino, en el diodo de conmutación por el condensador pasamuros, la salida del transformador de FI de la unidad de UHF. Este cortocircuito se abre en la banda de UHF por efecto de bloqueo del diodo AU165, de forma que la tensión de salida de FI correspondiente a la unidad de UHF puede obtenerse en el condensador de acoplamiento dispuesto en el circuito emisor del transistor AF106.

Según se deduce del análisis del circuito exterior del sintonizador, mediante el mando del conmutador selector de márgenes de sintonía no sólo se aplica la oportuna tensión de control a los diodos de conmutación, sino que, además, se selecciona la tensión de alimentación que requieren los diferentes circuitos del sintonizador, tanto en VHF como en UHF. Por ejemplo, puede compro-

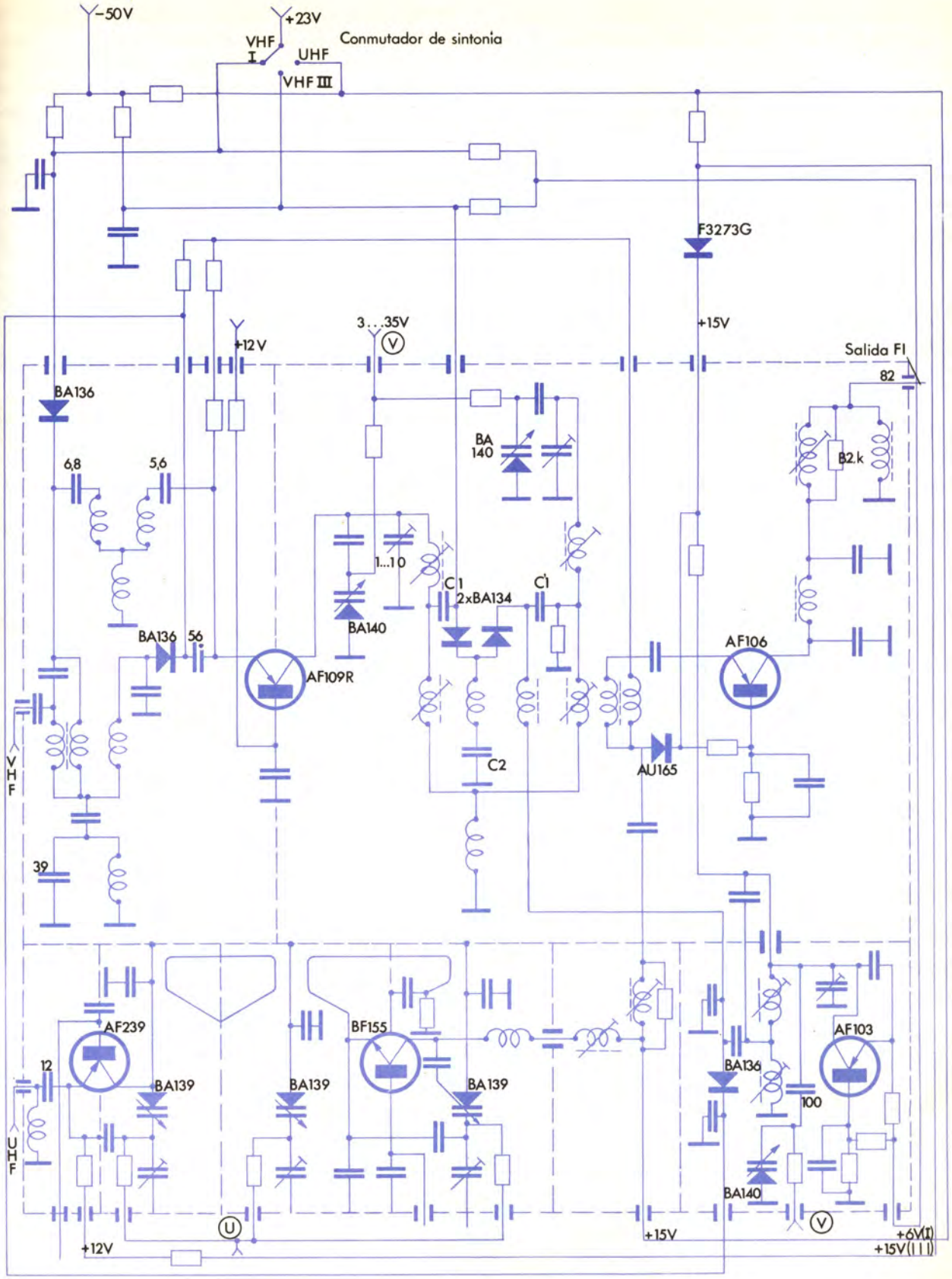


Figura 30. — Esquema eléctrico de un sintonizador electrónico integrado.

barse que el paso amplificador previo de entrada de antena y el circuito oscilador-mezclador de la unidad de UHF únicamente reciben la tensión de alimentación cuando se selecciona el funcionamiento en UHF. Esta consideración es aplicable al paso de entrada de antena de VHF y al circuito oscilador de VHF, que reciben diferentes tensiones de alimentación según funcionen en las bandas I o III de VHF.

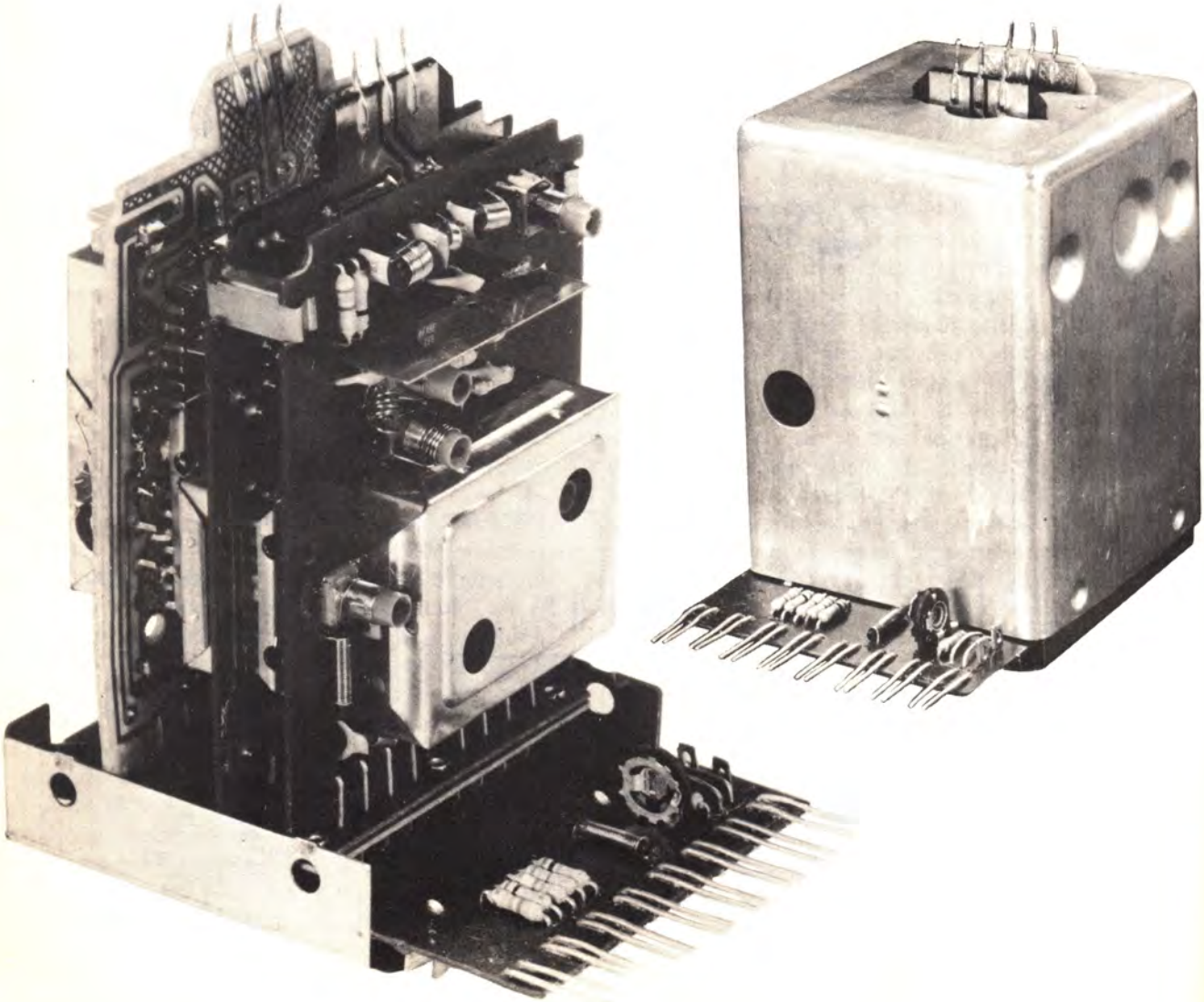
Es decir, estos sintonizadores electrónicos de VHF/UHF no llevan ninguna clase de contactos: la conmutación de las bandas de frecuencia de sintonía se efectúa sencillamente con un conmutador de tensiones de alimentación.

Al ser *totalmente electrónico*, sin partes mecánicas, se consiguen mejores características eléctricas y mejor diseño estético de los televisores, ya que pueden instalarse en cualquier parte del interior del mueble, sobre placa de circuito impreso o chasis convencional, puesto que no necesita unión mecánica con el botón de mando.

Su ganancia es muy elevada, por lo que es posible construir amplificadores de FI de incluso sólo dos pasos, como más adelante veremos, o tres a lo sumo, con válvulas o transistores.

La figura 31 muestra una realización comercial de estos sintonizadores electrónicos; puede verse la extrema simplicidad mecánica que hemos señalado.

Figura 31. — Sintonizador electrónico integrado de VHF/UHF con sintonía por diodo de capacidad variable —varactor— (Mod. ELC 1004 de Copresa-Miniwatt).



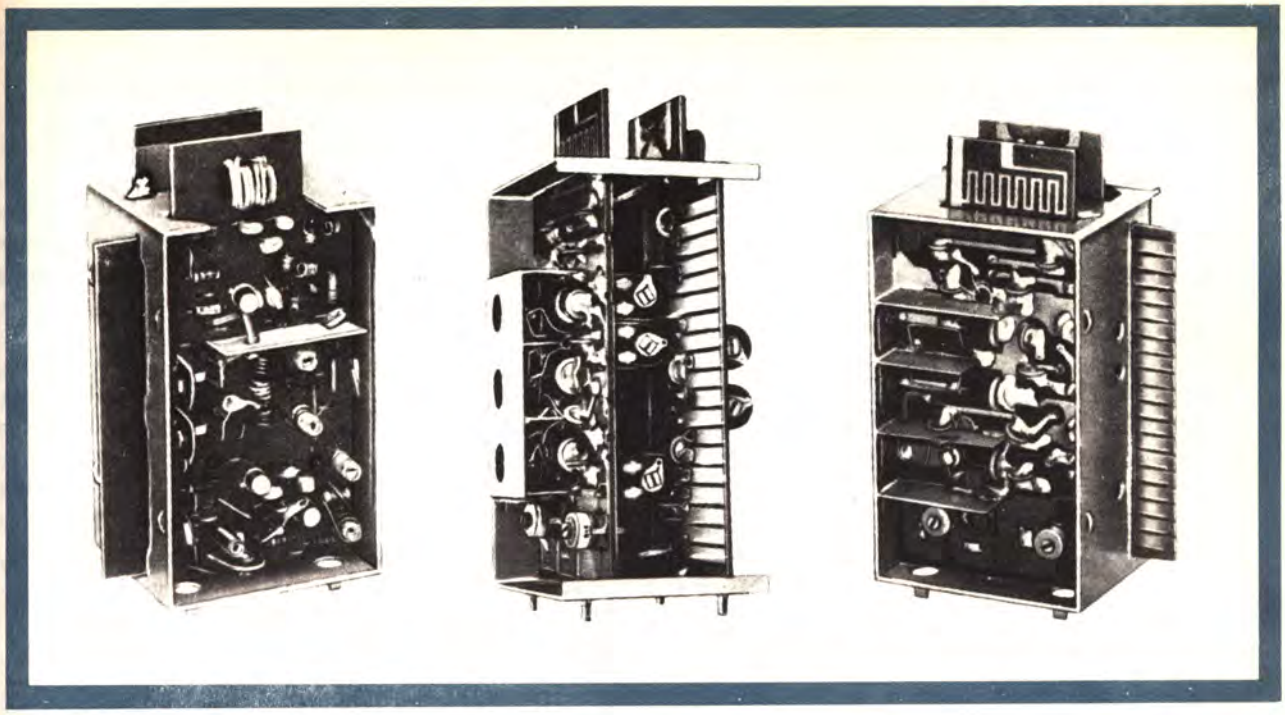


Figura 31 b. — Selector integrado electrónico para UHF/VHF con varicaps, y memoria total, programación automática y montado enteramente sobre el circuito impreso (Cortesía ROSELSON).

AMPLIFICACION EN FRECUENCIA INTERMEDIA

Hemos estudiado cómo la señal en AF, que comprende las portadoras de imagen y de sonido, se convierte en FI por medio de una mezcla aditiva de frecuencias (heterodinaje), sistema que se caracteriza por el bajo nivel de ruido que introduce. La conversión de frecuencia que se ha efectuado tiene su origen en la necesidad de aprovechar mejor la señal que llega en la antena, transformándola en una frecuencia más baja que se amplifica con mayor facilidad. Para evitar en lo posible las interferencias, e incluso la realimentación peculiar entre circuitos del propio receptor de televisión, se emplea una frecuencia intermedia bastante elevada en comparación con la FI de los radiorreceptores normales, e incluso para que quepan con mayor holgura en la banda pasante las dos portadoras moduladas de imagen y sonido.

De hecho, pues, la señal convertida en FI conserva por tanto las dos portadoras de imagen y de sonido que poseía la de AF; tan sólo se ha producido entonces un cambio o desplazamiento de frecuencias.

Ahora conviene amplificar y después separar dichas señales, para que la de imagen se utilice en el tubo de rayos catódicos y la de sonido en el altavoz.

Existen varios procedimientos para dicha separación. Los más empleados, en la actualidad, son los dos que describimos (lección anterior) en el televisor por bloques. El primero consiste en separar desde el primer paso de FI las dos frecuencias por distintos caminos; es decir, uno vía imagen y otro vía sonido (canales separados). El segundo procedimiento consiste en aplicar ambas señales a un mismo amplificador; luego al final se detectan y discriminan las dos señales, de lo que se obtiene por un lado la frecuencia de video y por el otro la de sonido (sistema *intercarrier*).

ANCHURA DE BANDA EN FI

Antes de tratar a fondo de los sistemas de amplificación en FI, veamos la anchura de banda que se debe amplificar y la forma que debe presentar la curva de respuesta obtenida, para conseguir una perfecta recepción.

Ante todo, recordemos que los valores normalizados por Televisión Española están basados en las Normas CCIR, según las cuales la distribución de frecuencias de imagen y de sonido, cualquiera que sea el canal de las bandas I, III, IV o V que se utilice, es tal que la portadora de imagen queda separada 1,25 MHz; en cambio la portadora de sonido está a 5,5 MHz de aquélla, con una lateral de 0,25 MHz, según muestra la figura 32.

Esta distribución conduce a un diagrama de emisión que, trazando amplitudes convencionales, da la curva de respuesta del emisor en forma de trapecio. Aquí nos damos cuenta de que la frecuencia portadora de imagen no está situada en el centro de la banda, lo que significa que la banda lateral inferior está anulada o muy atenuada; es decir, que se transmite por una sola banda en amplitud y fase a la vez (*B*anda *L*ateral *U*nica, BLU).

Todo lo que acabamos de exponer se describió en forma teórica. En la práctica la forma antedicha de trapecio queda ligeramente modificada y adopta la forma que indica la figura 33, en donde están anotadas las frecuencias correspondientes a un amplificador de FI cuyos pormenores detallaremos más adelante.

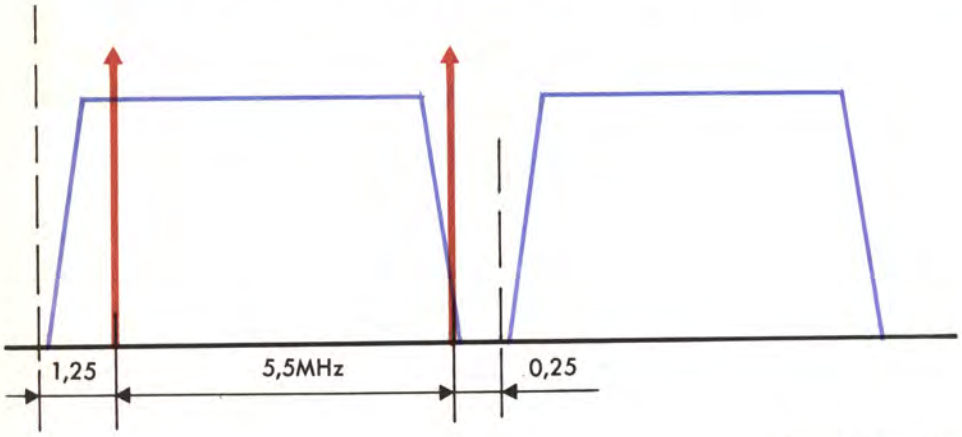
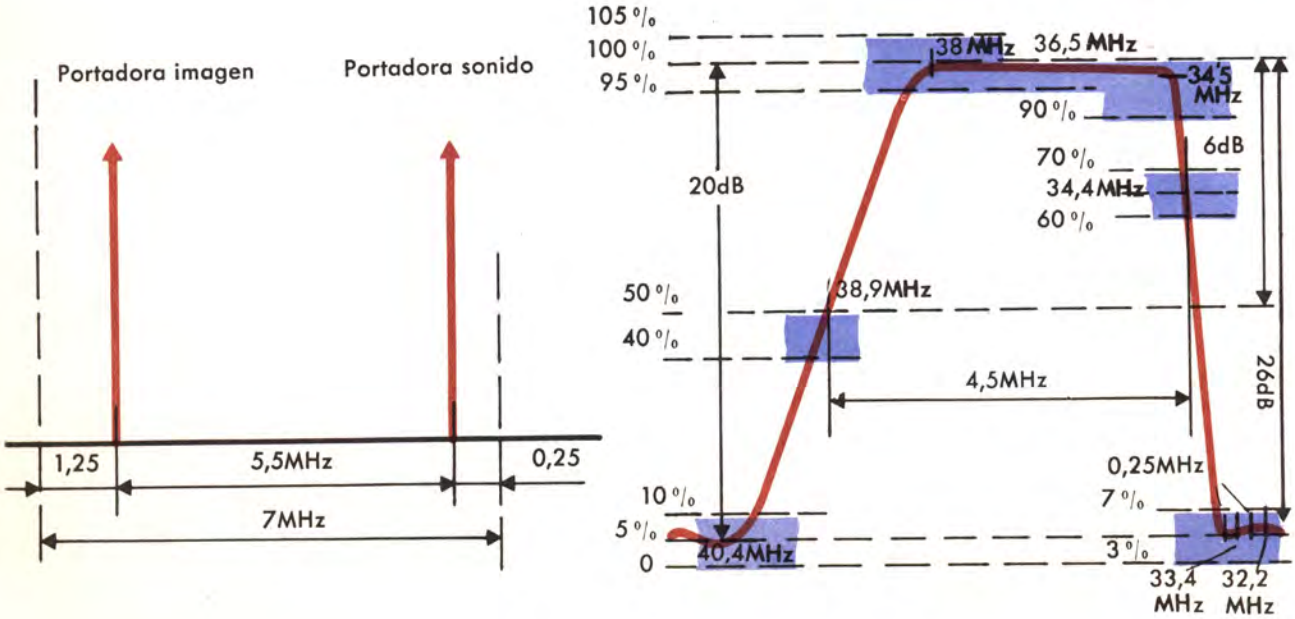


Figura 32. — Valores normalizados de los canales CCIR.

Figura 33. — Curva de anchura de banda normalizada, señalando las portadoras de imagen y de sonido.



CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS AMPLIFICADORES DE FI

Los amplificadores de FI, comunes a las señales de imagen y de sonido, han de tener, pues, una amplia banda de frecuencias de paso, del orden de varios megaciclos, tal como acabamos de ver en la curva de respuesta. Para conseguir estas condiciones peculiares en estos amplificadores es necesario emplear circuitos de resonancia plana; es decir, resonancia poco aguda. Por tal motivo la ganancia de amplificación de cada paso es relativamente pequeña en comparación con la que podría conseguirse usando un paso de banda más estrecho. Esto obliga, pues, al empleo de tres o cuatro pasos de amplificación.

Además, para conseguir que la banda pasante de frecuencias sea ancha es necesario recurrir a artificios de acoplamiento en las bobinas de resonancia y aplicar filtros adecuados a la entrada del amplificador de FI —incluso en los pasos intermedios cuando sea necesario—, actuando algunos en forma de trampas para conseguir que la curva de respuesta sea igual o muy parecida a la teórica.

SISTEMAS DE AMPLIFICACION

Los más generalizados de los sistemas de amplificación, que se han ideado para conseguir la amplificación correcta de las señales de imagen y de sonido, son actualmente dos:

el de *banda pasante de sintonía única*, y
el de *banda escalonada*.

En los inicios de la recepción televisiva se construyeron receptores en que, después de la conversión de frecuencia, se discriminaban por caminos de FI distintos las dos señales moduladas, la de sonido y la de imagen, hasta llegar a la pantalla y al altavoz. Se eliminaba con ello los amplificadores de banda ancha; pero en cambio se complicaba el control automático de ganancia CAG, común para ambas señales; y además se encarecía enormemente el televisor por ser mayor el número de circuitos y de válvulas.

SISTEMA DE BANDA PASANTE

La *sintonía de banda pasante* consiste en efectuar la amplificación en una sola frecuencia en el valor medio de la banda pasante establecida para FI. Es decir, todas las secciones de amplificación están sintonizadas a la misma frecuencia. Cada una de estas secciones contiene una trampa de absorción para corregir los lomos de la curva de paso resultante, punto éste que más adelante tendremos ocasión de estudiar con más detalle.

Este sistema tiene la ventaja, para el experimentador, de requerir menor número de frecuencias de referencia y de ajuste para conseguir la curva; en cambio exige una serie de filtros y de trampas bien ajustadas para obtener unas frecuencias de corte bien limitadas y de forma de onda correcta.

SINTONIA ESCALONADA (STAGGER TUNED)

El punto de partida para realizar este tipo de amplificador de *sintonía escalonada* (*stagger tuned*) es la anchura de banda establecida, que supondremos es en este caso de 4,5 MHz, en tres escalones, según el diagrama de un sistema de tres pasos. (Fig. 34.)

Las frecuencias teóricas de ajuste resultan ser 36,5 MHz, con ancho de banda teórico de 4,5 MHz; 38,4 MHz, con ancho de banda de 2,25 MHz; y de 34,6 MHz, también con el mismo ancho de banda de 2,25 MHz. Por lo regular se elige 36,5 MHz para el paso final; 38,4 MHz para el segundo paso; y 34,6 MHz para el primero.

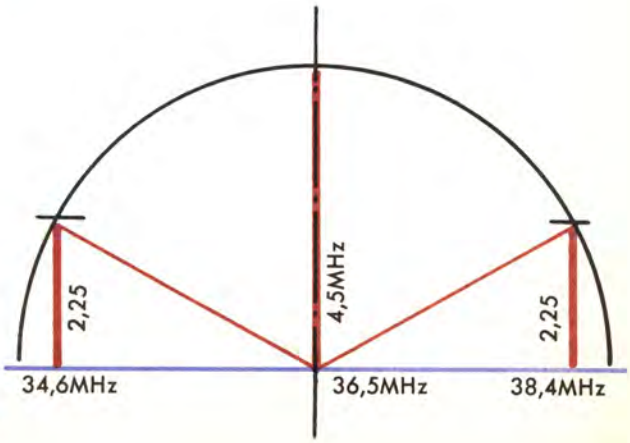


Figura 34. — Diagrama para la determinación de la amplificación escalonada.

MANERA DE CONSEGUIR LA CURVA DE RESPUESTA EN FI

Vamos a estudiar los artificios o *trucos* eléctricos que se han ideado para conseguir que la amplificación se efectúe según un ancho de banda fijado. En primer lugar, recordemos algo de la amplificación mediante circuitos resonantes. Ante todo, un circuito resonante presenta una impedancia tanto más elevada cuanto mayor sea el factor de calidad Q, el cual corresponde a la relación entre la reactancia $X_l = \omega L$ y la resistencia R propia de la bobina:

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{2 \pi fL}{R};$$

o bien, considerando un condensador ideal sin pérdidas, se puede escribir:

$$Q = \frac{1}{R \omega C} = \frac{1}{2 \pi fRC}.$$

Es decir, el factor Q es directamente proporcional a la reactancia X e inversamente proporcional a la resistencia R del circuito. Cuanto menor sea la resistencia de la bobina, para un mismo valor de $X_l = \omega L$, mayor es el factor de calidad Q. En cambio, se dice que está muy amortiguado un circuito cuyo factor de calidad Q sea pequeño; esto sucede cuando crece el valor de R para un mismo valor ωL, y lo mismo sucede si se toma ωC en lugar de ωL.

En cambio, el caso que nos ocupa consiste en conseguir un ensanche de la banda pasante de un circuito resonante a expensas del factor de calidad. Ello se logra poniendo una resistencia en paralelo con el circuito resonante. Entonces el factor de calidad debe definirse como el de un circuito en paralelo compuesto de L, R y C, y por consiguiente es:

$$Q' = \frac{R}{\frac{1}{\omega C}} = \omega RC = 2 \pi f RC = 6{,}28 f RC$$

Por tanto, si se consideran varios circuitos en los que L y C son iguales y constantes y sólo difieren entre sí por sus respectivas resistencias en paralelo —bobina y condensador shuntados por resistencias no inductivas (de carbón)— y se trazan las curvas representativas de los valores de la impedancia, en función de la frecuencia, llamadas *curvas de resonancia* —figura 35—, se observa que estas curvas van achatándose en la zona de la

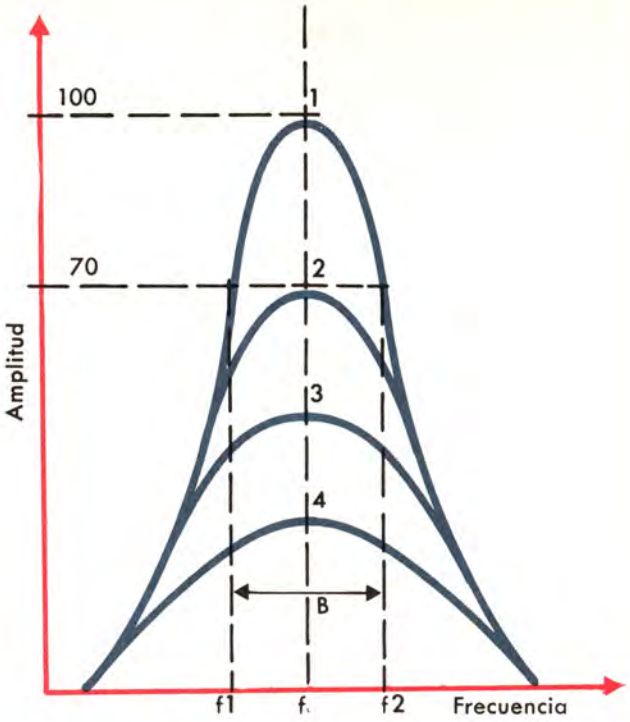


Figura 35. — Aplanamiento de las curvas de resonancia al aumentar la resistencia shunt.

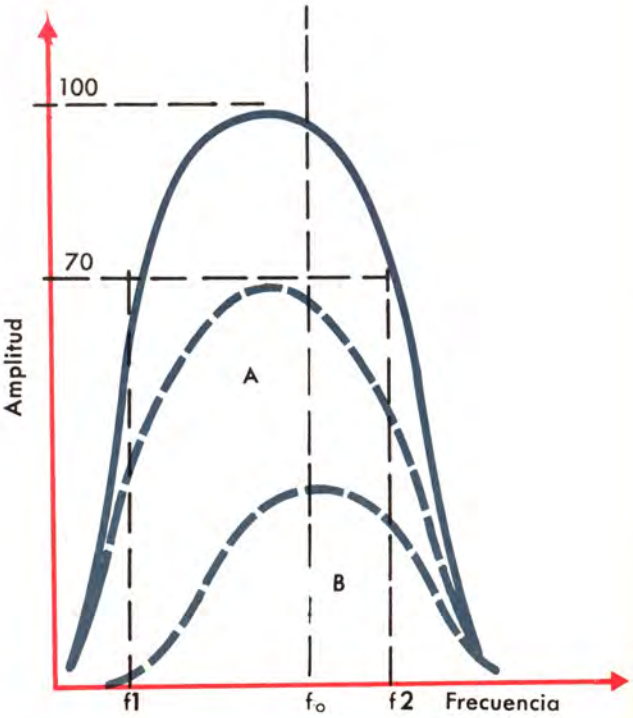


Figura 36. — Curva resultante de dos circuitos resonantes en cascada, sintonizados ligeramente, diferentes uno del otro.

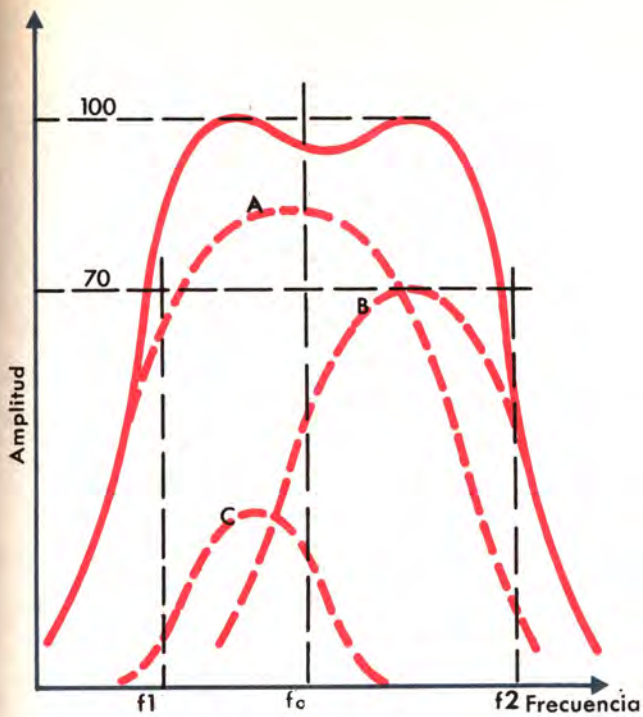


Figura 37. — Curva resultante de tres circuitos resonantes en cascada sintonizados diferente.

frecuencia máxima de resonancia (f_o) a medida que aumenta la resistencia R.

La curva 1 representa en realidad un circuito sintonizado resonante, sin ninguna resistencia en paralelo, usado en la amplificación de frecuencia intermedia (455 KHz) en los radiorreceptores normales, en que el valor de Q es muy elevado y por consiguiente de mucha ganancia, con un ancho de banda pasante que no excede de los 10 KHz. Este concepto es, pues, muy significativo para el caso que nos ocupa, ya que cuando se desee ensanchar la banda pasante de un circuito resonante se debe aumentar el valor de R, sacrificando no obstante el valor de Q.

La anchura de banda (f_1 a f_2) = B queda definida como la correspondiente a una amplitud de —3 dB de la amplificación máxima; o sea que —3 dB representa una relación de 0,7079 del valor máximo, lo que viene a ser casi el 30 % menor. (Fig. 35.) Pero la banda pasante conseguida desde f_1 a f_2 todavía puede ser estrecha; y entonces se disponen dos pasos de amplificación en cascada A y B, en los que la banda pasante siguiente B esté sintonizada a una frecuencia ligeramente diferente. Con ello se obtiene una curva de respuesta combinada con la suma de las dos y se logra un mayor ensanche de banda, representado en la figura 36. Pero a veces no se consigue una perfecta simetría en la forma de la banda de paso a partir de f_o hacia f_2, produciéndose un declive muy acentuado en esta porción. Esto puede remediarse mediante un circuito C con trampa de absorción sintonizada a la frecuencia entre el intervalo de f_1 a f_o, cuyo efecto es negativo. La respuesta es, por consiguiente, sustractiva, restando la amplificación del paso A, con el resultado representado en la figura 37.

Cuando las amplitudes y las frecuencias escogidas no son las adecuadas, se obtiene una curva resultante con dos lomos; es decir, la parte central presenta un bache en que disminuye la amplificación. Esto es lo que hemos querido representar en dicha figura 37. Debemos señalar que todas estas curvas se controlan con el osciloscopio cuando se trata de efectuar un ajuste completo del circuito.

SISTEMAS DE ACOPLAMIENTO EN FI

El acoplamiento entre pasos de amplificación es algo especial en TV por depender en parte del sistema de amplificación que se utilice, sea de banda escalonada o de banda pasante.

Tres son, de hecho, los sistemas básicos. El primero —el más sencillo— consiste en un acoplamiento capacitivo por medio de un condensador C, donde la carga anódica está constituida por una inductancia ajustada en resonancia con la FI por medio de su núcleo magnético (fig. 38), tratándose de frecuencias del orden de 40 MHz, la capacidad para conseguir la resonancia debe ser muy pequeña, para lo cual se sustituye por las capacidades parásitas C_s que entran en juego en el circuito, o sea la de la propia bobina, la interelectródica de la válvula, la del blindaje e incluso de las conexiones, que son suficientes para constituir el circuito resonante sin necesidad de insertar una capacidad suplementaria en paralelo con la bobina.

En el segundo sistema se utiliza un acoplamiento por transformador con primario y secundario sintonizados en resonancia a la misma frecuencia. (Fig. 39.) Para ensanchar la banda pasante y achatar la curva de resonancia, los devanados están constituidos por un hilo resistente en lugar de hilo de cobre; y además llevan en paralelo una resistencia no inductiva. Como en el

caso anterior, muchas veces los condensadores C_1 y C_2 no existen, porque están sustituidos por las capacidades parásitas del circuito.

El tercer sistema, muy parecido al anterior, también emplea un transformador; pero, debido a su propia construcción, el transformador tiene acoplamiento muy rígido entre devanados, para aplanar en gran manera la curva de resonancia. (Fig. 40.) Los hilos del primario y del secundario van siempre juntos desde el inicio hasta el final; es decir, como si se construyera una bobina con dos hilos en lugar de uno solo. Las capacidades parásitas del circuito juegan aquí el papel fundamental antedicho. La ganancia de amplificación conseguida es muy reducida, pero el ancho de banda pasante es el fin primordial.

Presenta la desventaja de que utiliza un solo núcleo para el ajuste; por consiguiente es muy difícil hallar el punto crítico de resonancia.

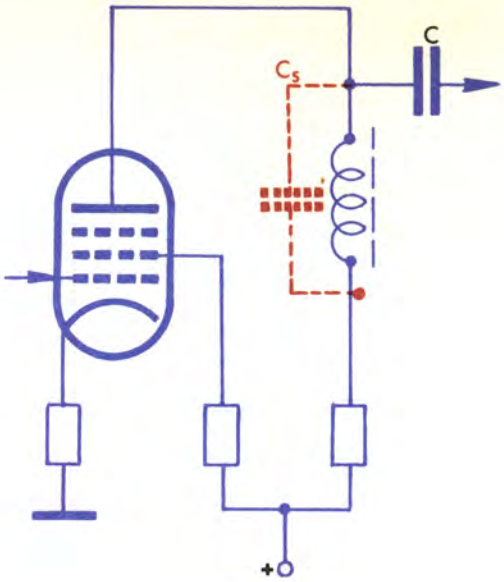


Figura 38. — Paso de amplificación con acoplo capacitivo.

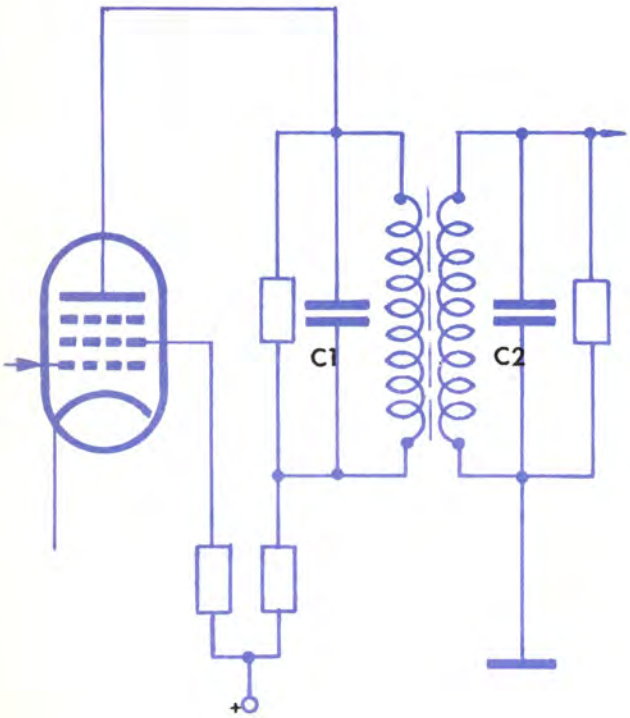


Figura 39. — Paso de amplificación con acoplo por transformador de sintonía.

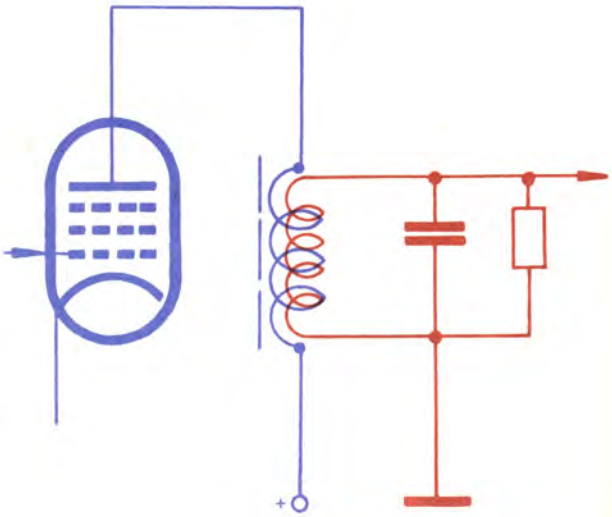


Figura 40. — Paso de amplificación con acoplo por transformador de una sola sintonía.

FILTROS Y TRAMPAS

Los filtros están constituidos por la asociación en serie o en paralelo de reactancias capacitivas o inductivas. Su objeto es asegurar el paso de corriente dentro de una determinada banda de frecuencias (*banda pasante*), atenuando hasta el máximo las corrientes de las otras frecuencias adyacentes (*bandas atenuadas*). Otras veces impiden el paso de unas frecuencias determinadas (filtros pasabajos), y otras sólo dejan pasar una estrechísima banda de frecuencias (filtros pasaaltos). En el lenguaje corriente en electrónica estos filtros se denominan *trampas*.

Los tipos de filtros más utilizados en el circuito de FI son los siguientes:

TRAMPA CATÓDICA. Se llama catódica porque está generalmente conectada al cátodo de una válvula de FI. Consiste en un circuito resonante en paralelo (fig. 41) que presenta una elevada impedancia a la frecuencia de resonancia. A esta frecuencia, la tensión del cátodo aumenta, y con ello disminuye la amplificación de la válvula.

TRAMPA SERIE. Consiste en una capacidad y una inductancia conectadas en serie (fig. 42). La inductancia se ajusta mediante su núcleo magnético y la capacidad es fija. Su aplicación es común en circuitos de rejilla; el punto de resonancia a la frecuencia de ajuste crea una gran impedancia y amplifica la señal en dicha válvula. Su acción es, pues, de efecto contrario al precedente.

TRAMPA DE ABSORCIÓN. La trampa de absorción (fig. 43) consiste en un acoplamiento inductivo a la carga anódica. Su objeto es producir una fuerte reducción de la amplificación a la frecuencia de resonancia de dicha trampa.

Vemos, pues, que las trampas tienen el objeto de modificar, reducir, corregir o ensanchar la banda pasante de FI.

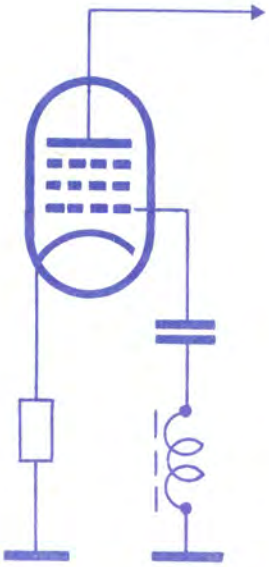


Figura 42. — Trampa serie.

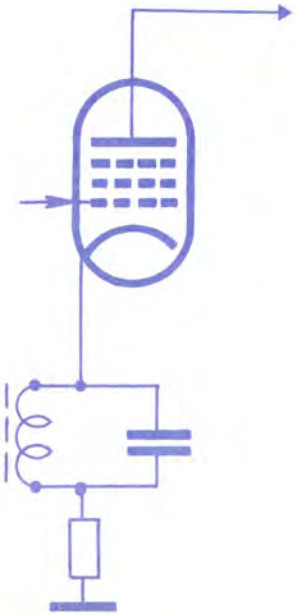


Figura 41. — Trampa catódica.

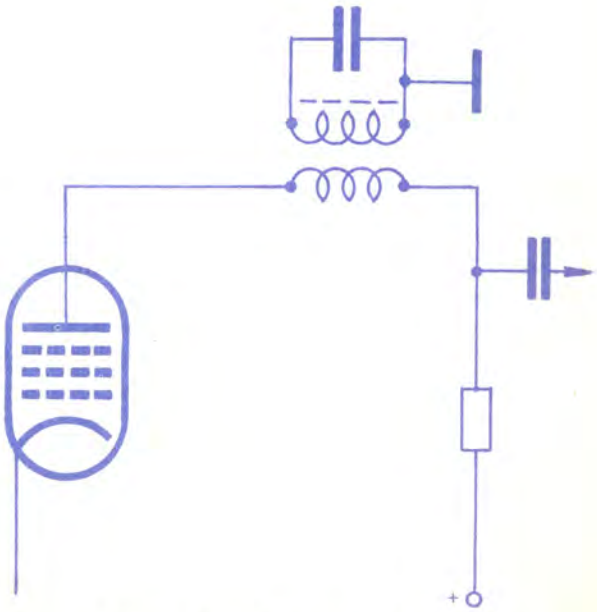


Figura 43. — Trampa de absorción.

EL CONTROL AUTOMATICO DE GANANCIA (CAG) EN FI

Conviene recordar que las ondas electromagnéticas se propagan con mucha irregularidad en el espacio y que la señal recibida en la antena también tiene, en consecuencia, magnitud variable (según las horas del día y de la noche y las épocas del año), variabilidad que se acentúa cuanto más elevada es la frecuencia.

Lo mismo que en los radiorreceptores, los televisores deben poseer un control automático de ganancia (CAG) que corrija y estabilice las variaciones de la señal.

Según sea el diseño del amplificador proyectado, este control puede provenir del primer paso de amplificación o del segundo. En los diseños que describimos a continuación este control se ha situado en las rejillas de las dos primeras válvulas, las cuales están sintonizadas a las frecuencias de 34,6 y 38,4 MHz; o sea entre los límites de toda la parte plana de la curva de respuesta. Así, la ganancia de los dos primeros pasos varía con el nivel de la señal de video, que se mantiene constante por la acción del CAG.

Su objeto principal es, pues, mantener una tensión constante a la salida del amplificador de FI. Las características propias de estos circuitos están íntimamente ligadas a dos puntos básicos: 1, la amplitud de la portadora de video en A.F.; y 2, la característica de las válvulas usadas en FI, en particular su pendiente o factor «mu», ya que su amplificación debe ser elevada en función de la tensión de polarización de rejilla.

Puesto que el CAG controla solamente la señal de video, cualquier irregularidad de este control automático repercute sensiblemente en la luminosidad de la imagen de la pantalla; incluso la constante de tiempo de dicho circuito puede influir en la calidad de la imagen. La constante de tiempo se refiere al tiempo que tarda el CAG en corregir la variación de la señal.

Más adelante volveremos a tratar de la importancia de CAG cuando describamos el circuito completo destinado a este efecto, en el que señalaremos los pasos que son controlados por dicho automatismo.

AMPLIFICADOR CON SINTONIA ESCALONADA

La figura 44 muestra el esquema de un amplificador de FI de *sintonía escalonada* compuesto de tres pasos de amplificación. Sus características y forma de curva de respuesta deben estudiarse con minuciosidad para que den la forma indicada con detalle en la figura 33, para asegurar no tan sólo el paso de las más altas frecuencias de video, sino también conseguir un retraso de fase proporcional a la frecuencia, lo cual proporciona una reproducción correcta de las imágenes.

Ante todo, analicemos la forma y los detalles de la curva de la figura 33, o sea la que debe dar como respuesta el amplificador. En primer lugar vemos que la frecuencia de 38,9 MHz de la imagen está distanciada 5,5 MHz de la de 33,4 MHz de sonido; la amplitud de banda se mantiene prácticamente constante dentro de 36 MHz (parte llana de la curva) para descender bruscamente a 34,5 MHz y a 38 MHz. Luego, en el extremo de las altas frecuencias, la curva debe tener una pendiente bastante pronunciada; lo suficiente para que la señal de la imagen a la frecuencia de 38,9 corresponda al 50 % de la amplitud de la señal; pendiente que debe estar regulada por los márgenes de frecuencia de $\pm$ 0,75 MHz sobre los 38,9 MHz de video. En cambio, por lo que respecta al otro lado de la curva, observamos que la amplitud baja bruscamente después de la parte plana, lo cual es necesario para evitar que la portadora de sonido lleve demasiada señal —o mejor dicho amplificación— dentro de los pasos de FI y produzca una *modulación cruzada* con la de video.

Las zonas más sombreadas que se indican en la curva de la figura 33 significan los límites aceptables de tolerancia.

Si analizamos el esquema del circuito de la figura 44 veremos que la señal de FI, después de la conversión, pasa por una serie de trampas destinadas exclusivamente a dar forma a la curva de respuesta.

Las trampas se han situado antes del primer paso de amplificación para evitar problemas de modulación cruzada. No se aplican directamente a la rejilla de la primera válvula amplificadora, sino a través de un acoplamiento capacitivo de impedancia más baja para mejorar la estabilidad.

En primer lugar se halla la trampa de absorción de 40,4 MHz de la portadora de sonido del canal adyacente a la que en este instante nos referimos, que introduce una atenuación de por lo menos 50 dB e impide que entre la señal del otro canal. La trampa de absorción siguiente es la ajustada a 33,4 MHz, correspondiente a la portadora de sonido (cuyo paso de banda es de 0,25 MHz), lo que evita la posibilidad de modula-

ción cruzada en condiciones de sintonía correcta. Luego le sigue la trampa de absorción de 31,9 MHz que tiene por objeto eliminar la imagen del siguiente canal de televisión; y finalmente la trampa de 36,5 MHz correspondiente al valor medio de la banda pasante y valor de ajuste del último paso de transformador.

A continuación de estos filtros siguen los tres pasos de amplificación con válvulas pentodo y acoplamiento con transformadores, sintonizados respectivamente a las frecuencias de 34,6 MHz, 38,4 MHz y 36,5 MHz. Generalmente se elige 36,5 MHz para el paso final, porque el circuito detector introduce una fuerte atenuación; en el segundo paso se utiliza 38,4 MHz, y en el primero 34,6 MHz. El control de ganancia CAG está acoplado a las rejillas de las dos primeras válvulas (cuyos cátodos están desacoplados; es decir, sin condensador). Su acción se dirige hacia la AF en sintonía, por un lado, y por otro hacia un circuito de referencia que no está indicado en el esquema y que tendremos ocasión de describir más adelante, cuando estudiemos la detección y discriminación de señales.

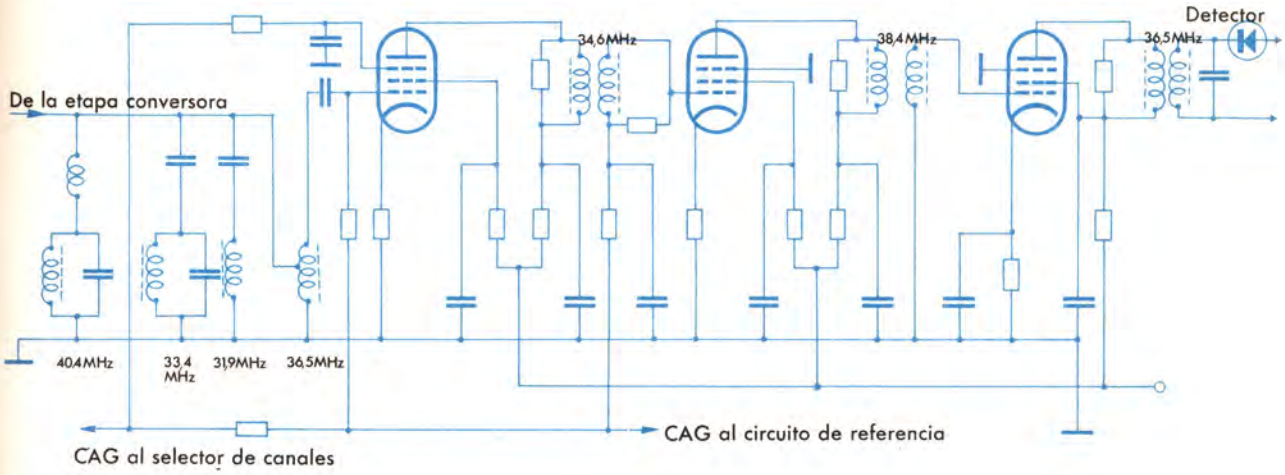


Figura 44. — Esquema de un amplificador de FI de sintonía escalonada (stagger tuned).

AMPLIFICADOR DE FI CON SINTONIA POR BANDA PASANTE

El esquema de la figura 45 muestra un circuito amplificador de FI con sintonía por banda pasante. Se observa que existen ligeras diferencias con relación al amplificador de sintonía escalonada, ya que de hecho necesita una constitución más cuidada de los transformadores de acoplo, con el único fin de ensanchar la banda pasante sin menoscabo de la ganancia.

Los filtros son casi los mismos, aunque dispuestos en otra forma; pero su función es exactamente la misma. Los dos filtros de 40,4 MHz y de 31,9 MHz eliminan la interferencia de los canales siguiente y precedente; los filtros de 36,4 MHz controlan el paso de banda en valor medio de la parte llana de la curva de la figura 33.

Los tres transformadores son iguales; los primarios y los secundarios se ajustan a resonancia por medio del núcleo magnético, y los tres están sintonizados a una misma frecuencia de 36,4 MHz. Con el fin de aplanar la curva y ensancharla hasta los límites requeridos, los secundarios llevan un lazo de acoplamiento con el primario, compuesto simplemente de algunas espiras.

Para cortar la posible intermodulación de la

portadora de sonido y la de imagen se ha dispuesto una trampa de absorción a 33,4 MHz después del primer paso de amplificación, en lugar de situarla a la entrada del amplificador junto con las otras restantes.

Un exceso de amplificación de sonido, dentro de este amplificador, produciría una nota de batido en el segundo detector de video, lo que daría lugar de la pantalla del televisor a una figura de interferencia con barras de sonido que se desplazan con la cadencia de modulación. Este es un defecto común a todos los televisores, que se puede producir incluso cuando el ajuste fino de sintonía del aparato (regulable a mano) se sitúa por exceso. Cuando se logran separar por completo estos dos canales, la imagen debe ser nítida por no estar perturbada por la modulación de sonido.

El control automático de ganancia CAG también se sitúa y actúa en las mismas condiciones que en el amplificador de sintonía escalonada antes descrito.

El ajuste de un amplificador de FI requiere mucho cuidado y buenos aparatos de medición. Decimos esto porque el experimentador ha de saber por dónde empezar el ajuste, de acuerdo con la curva resultante que se observa en el osciloscopio, y conocer las consecuencias que trae consigo un ajuste desafortunado.

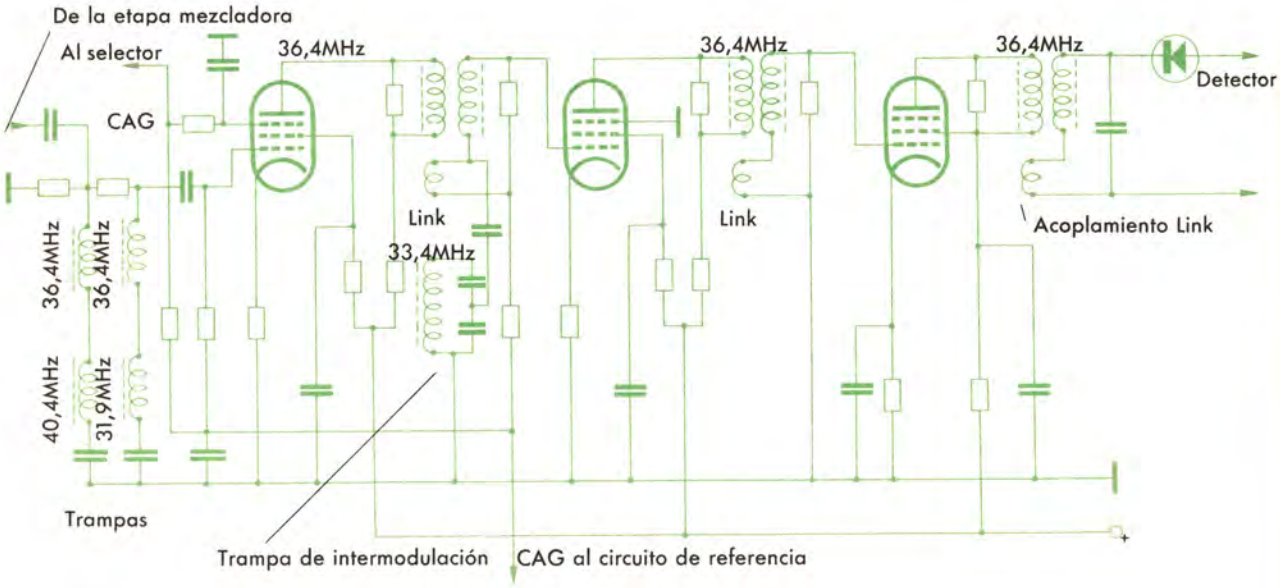


Figura 45. — Esquema de un amplificador de FI con sintonía de banda pasante.

Es muy difícil conseguir por tanteo una curva de respuesta correcta como la que se necesita para una buena recepción; y es necesario saber dónde reajustar el circuito para cada corrección de la curva defectuosa. (Fig. 49.)

En términos generales se puede decir que el amplificador de FI es el alma de la perfecta visión en la pantalla; razón por la que en los montajes corrientes de televisores se utilizan juegos de trampas y transformadores de FI; o mejor aún pletinas completas de amplificadores de FI que ya han sido ajustados en el laboratorio especializado del fabricante, con lo que basta con conectar únicamente los terminales de entrada y salida, CAG y tensiones de alimentación.

Las figuras 46 a 50 muestran la realización práctica comercializada de estas pletinas de FI ya ajustadas.

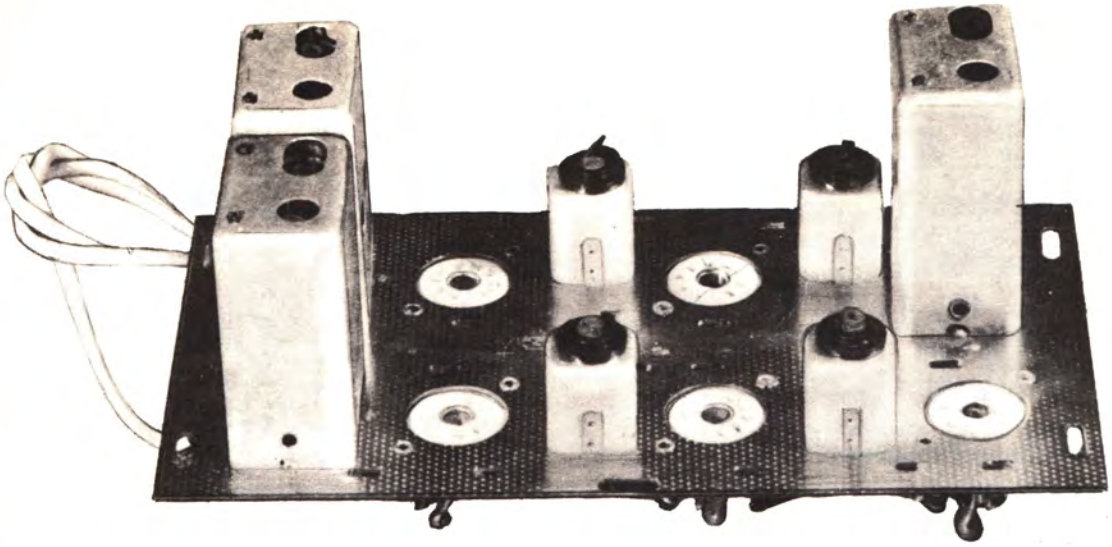


Figura 46. — Pletina de FI, conteniendo el amplificador de FI, el detector de video y el detector de sonido (Micafix).

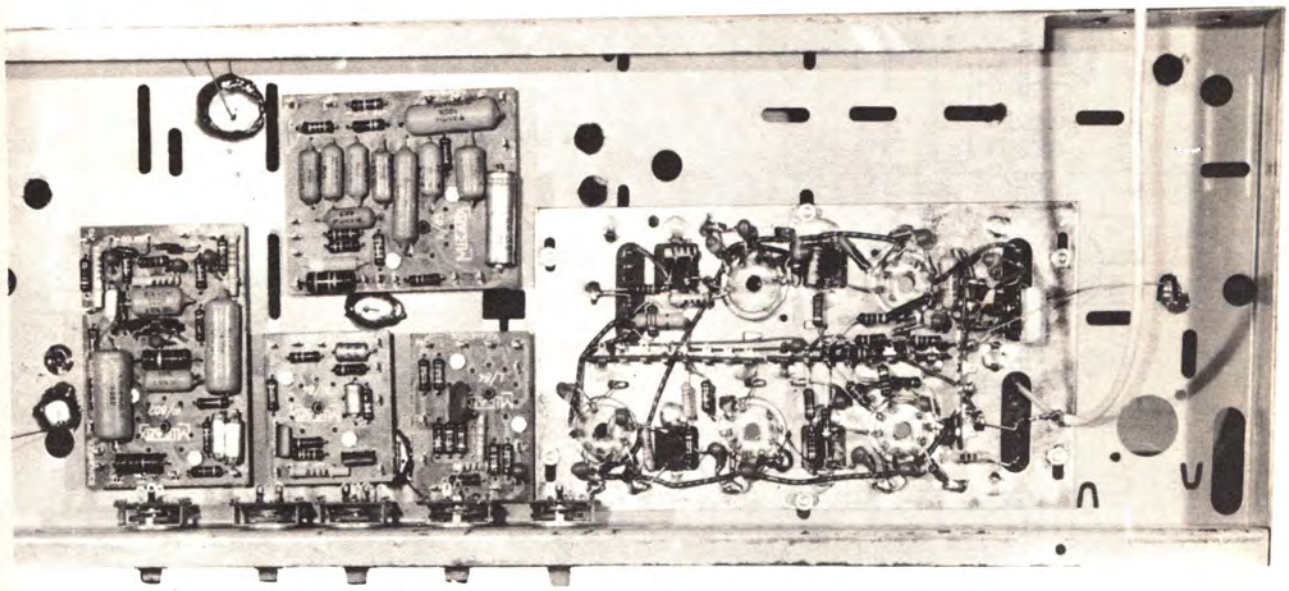


Figura 47. — Disposición de la pletina de FI en el montaje de un televisor con chasis convencional junto con otros circuitos impresos independientes.

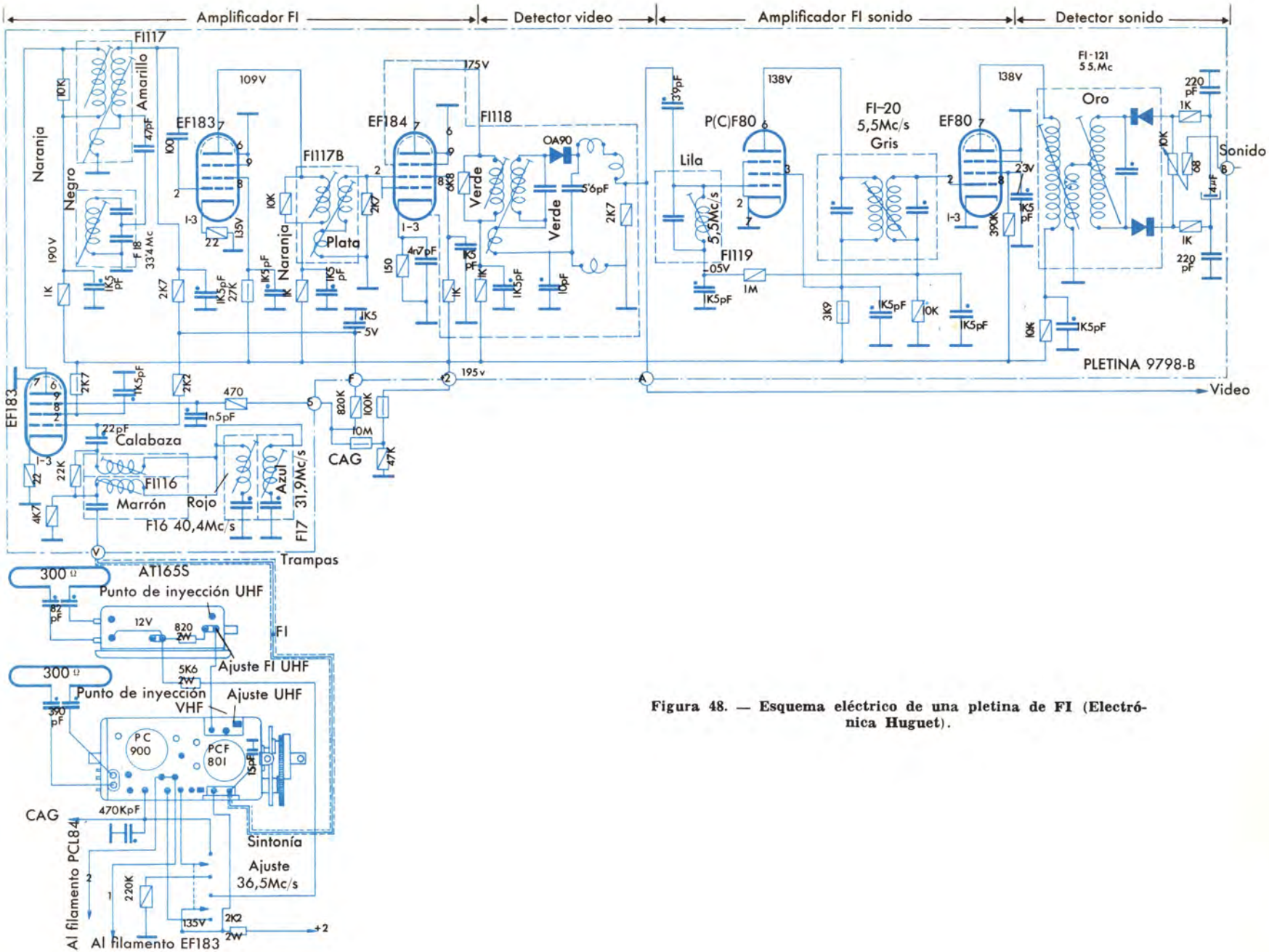


Figura 48. — Esquema eléctrico de una pletina de FI (Electrónica Huguet).

Desde la reja de la EF184
38,9MHz

33,4MHz
Desde el punto V de la pletina —5V
38,9MHz
trampas desajustadas

Desde el punto de inyección del selector —5V
38,9 MHz
31,9MHz
33,4 MHz
40,4MHz

Desde la reja de la 2.° EF183 —5V
38,9MHz

Entrando por el punto de inyección del selector y saliendo por la placa de la 1.° EF183

Desde el punto V de la pletina —5V

Desde la reja de la 1.° EF183 —5V
38,9MHz
trampas desajustadas

Trampas ajustadas
33,4MHz
31,9MHz
38,9MHz
40,4MHz

33,4MHz
38,9MHz

Figura 49. — Curvas indicativas del ajuste que debe obtenerse en una pletina como la indicada en la figura anterior.

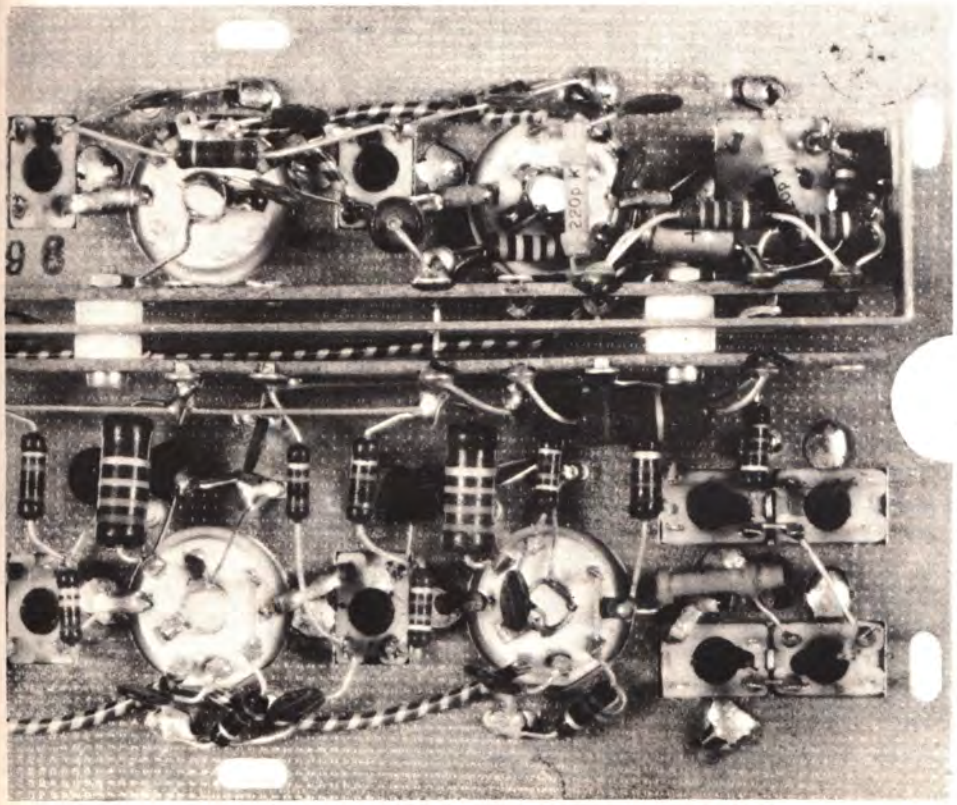


Figura 50. — Disposición de los componentes de la pletina de la figura 48.

CONSIDERACIONES BASICAS PARA EL ESTUDIO DE LOS AMPLIFICADORES DE FI

Vistos los criterios básicos de los elementos de que consta un amplificador de FI, vamos a mencionar las cualidades que debe poseer un amplificador para conseguir la separación de portadoras y la amplificación o ganancia necesaria.

Todo receptor de televisión está supeditado a la señal que reciba en la antena; el que ésta sea débil, mediana o fuerte está impuesto por la situación geográfica en que se encuentra instalado el receptor con relación a la estación emisora o repetidora.

También queda supeditado a la calidad y tipo de antena; cuando la señal es débil debe captarse con una antena exterior de alta ganancia de muchos elementos; cuando la señal en el punto de recepción es mediana, la antena exterior puede ser de menos elementos y menor ganancia; finalmente, cuando la señal es fuerte (emisora local) puede bastar una simple antena interior de sobremesa.

Este mismo concepto se puede aplicar al amplificador de FI. Cuando la señal es débil el amplificador de FI debe tener por lo menos una amplificación de cuatro pasos; cuando la señal es mediana bastan unos tres pasos de amplificación y cuando es fuerte, dos pasos de amplificación son suficientes.

Este concepto nos lleva a dividir en tres categorías los receptores de televisión:

De alta sensibilidad;
de mediana sensibilidad;
de baja sensibilidad.

Un televisor de baja sensibilidad es muy adecuado para la recepción de un emisor local; en cambio no es apto para la recepción a larga distancia. Un televisor de alta sensibilidad por lo general es apto para recibir a larga distancia; pero siendo de alta ganancia y muy sensible el circuito amplificador de FI conviene tomar determinadas precauciones cuando se instala en la proximidad de un emisor. Algunos receptores llevan dos entradas de antena, señaladas *local* y *larga distancia.*

Sobre este particular se puede juzgar que el coste de un televisor depende, en parte, de la sensibilidad que posea para una misma dimensión de la pantalla.

GANANCIA DE AMPLIFICACION

La ganancia de amplificación que se debe conseguir debe estar fijada de tal forma que la señal que se recibe normalmente en la antena llegue amplificada al detector de video con un valor no inferior a 1 V eficaz.

Por ejemplo: supongamos que se recibe en una antena una señal del orden de 10 μV eficaces. La relación entre la señal recibida y la que consideramos necesaria al detector de video es de

$$\frac{1}{10 \cdot 10^{-6}} = 10^5 \text{ veces} = 100.000 \text{ veces.}$$

Supongamos además que la señal que llega a la antena queda amplificada unas 20 veces en el paso de AF y en la conversión de frecuencia. La ganancia efectiva del amplificador de F I en la frecuencia portadora de video (f_v) debe ser, pues, del orden de

$$100.000/20 = 5.000 \text{ veces.}$$

Esta ganancia se puede expresar en decibelios:

$$G = 20 \lg 5.000 = 74 \text{ dB.}$$

Representa una amplificación muy importante. Desde luego, en el caso que nos ocupa, no conviene aumentarla aún más, puesto que si la tensión de la señal —ya muy débil de por sí, 10 μV— está perturbada por una tensión parásita de disturbio de igual valor, el CAG actuaría prácticamente siempre dando un funcionamiento incorrecto, en especial si la constante de tiempo no es acertada.

No es frecuente encontrar en la práctica el caso aquí expuesto, y para los receptores corrientes de menor sensibilidad se considera una ganancia de unas 2000 veces a la frecuencia de la portadora. En este caso entra en funcionamiento el CAG cuando la relación señal/disturbio está cerca de 10 dB, o sea cuando la calidad de la recepción sea apenas aceptable.

ESTUDIO DE LOS PASOS DE AMPLIFICACION

La amplificación con transformadores con primario y secundario ajustados en resonancia a la misma frecuencia puede considerarse como un acoplamiento de filtros de banda pasante, cada uno de ellos independiente, con cierto coeficiente de acoplamiento. Así una amplificación, por ejemplo, de tres pasos puede considerarse como formada por seis filtros.

FACTOR DE CALIDAD DE LOS FILTROS

El factor de calidad de cada uno de los filtros está determinado por la capacidad de acoplamiento y su resistencia en paralelo, en relación con la anchura de banda pasante a la frecuencia media (f_o) de la banda pasante

$$Q = \omega RC = 2 \pi f RC$$

En el valor de la capacidad C intervienen las capacidades de la válvula C_e de entrada, por un lado, y la C_s de salida, por el otro, de manera que se debe calcular independientemente el Q_p para el primario y el Q_s para el secundario, así como se deben conocer las capacidades internas de la válvula, del circuito, de las conexiones, del blindaje y de la propia bobina. La capacidad propia interna de las válvulas actualmente en uso, como EF183 y EF184, es de unos 3 pF. Las capacidades del circuito pueden variar, según sea el montaje, entre 2 y 5 pF, de suerte que el total para C_e resulta de 5 a 8 pF.

Tiene mucha importancia la manera como estén dispuestos los componentes del filtro en relación con las válvulas que le preceden y la que le sigue. Para un cableado convencional debe seguirse la norma de que las conexiones sean cortísimas y estén separadas unas de otras, buscando los puntos de masa más próximos. Una ligera alteración del sistema de cableado puede modificar mucho las condiciones del circuito que está en resonancia, provocando una reacción inversa (si antes era reacción capacitiva puede llegar a ser inductiva). Por tal razón la mayor parte de los amplificadores de FI y video casi siempre están montados y ajustados como se ha descrito anteriormente. Un circuito sobre pletina, además de ocupar muy reducido espacio, tiene la ventaja de instalarse y ajustarse. Estos circuitos están proyectados de tal forma que la colocación de sus elementos hace posible reducir al mínimo la longitud y cruce de conexiones, con lo que se evitan los *enganches* o acoplamientos inductivos y capacitivos, que suelen presentarse muy a menudo en estas frecuencias de 40 MHz si se usa un cableado convencional a mano con conexiones totalmente sueltas.

No obstante, cuando se conocen bien las causas que los originan, estos *enganches* (en particular los de reacción capacitiva) pueden atenuarse bastante conectando los circuitos de entrada y salida a puntos de masa separados uno del otro; pero esta corrección sólo es posible una vez se ha probado el amplificador, ya montado y terminado.

Volviendo al tema del factor de calidad, señalemos, a título de orientación, que el valor máximo alcanzado en estos casos es de $Q_p = 50$.

PARTICULARIDADES DE IAS VALVULAS PARA EL AMPLIFICADOR FI

En los receptores de televisión se habían empleado, hace pocos años, amplificadores de tres o cuatro válvulas EF80, dos o tres de las cuales estaban controladas por la tensión del CAG. Algunas veces, para conseguir mejor funcionamiento, a los efectos de intermodulación, se sustituía la primera válvula controlada por la tensión del CAG por un pentodo de pendiente variable EF85. Con un amplificador de esta categoría, empleando filtros de banda pasante de doble ajuste, era posible obtener una ganancia bastante elevada, con una curva de respuesta muy aceptable.

Se ha avanzado mucho en la simplificación de los amplificadores de FI, utilizando válvulas de pendiente notablemente superior. Si comparamos la conductancia mutua de una EF 80, que es de 7,4 mA/V, con la actualmente muy en uso EF184, de rejilla de cuadro —estudiada muy especialmente para los amplificadores de video—, que tiene una conductancia mutua de 15 mA/V y capacidad interna muy reducida de $C_o = 3$ pF, nos damos perfectamente cuenta que se puede reducir el número total de pasos de amplificación necesarios.

GANANCIA DEL PASO DE FI

La ganancia de cada paso de amplificación está dado por la transconductancia de la válvula y por la impedancia de carga.

Cuando se tiene un circuito de carga sintonizada en resonancia, la impedancia dinámica es

$$Z_c = \frac{Q_p}{\omega C};$$

$\omega = 2 \pi f_o$, con f_o que corresponde a la frecuencia de paso en la mitad de la banda pasante; normalmente $f_o = 36{,}4$ MHz.

Luego la ganancia por cada paso puede definirse por

$$G = Z_c \cdot S = \frac{S \cdot Q_p}{\omega C},$$

de manera que, para una misma impedancia de carga, cuanto mayor sea la ganancia de la válvula —o sea cuanto mayor sea el valor de la pendiente en mA/V— mayor es la ganancia.

Téngase presente que aquí tomamos el valor de la ganancia de la válvula sobre el valor de f_o correspondiente al 100 % de amplitud de la banda pasante, mientras que la ganancia total antes descrita está referida al valor de la frecuencia portadora de video, que como sabemos corresponde a un 50 % de la f_o.

DESCRIPCION DE UN AMPLIFICADOR EXPERIMENTAL DE FI PARA TV DE BAJA SENSIBILIDAD

Como orientación, estudiaremos con detalles constructivos y técnicos la composición de un amplificador de FI de baja sensibilidad compuesto sólo de dos pasos de amplificación, destinado a recibir señales de televisión a poca distancia del emisor. Claro está que esta noción de la distancia es un concepto relativo, porque depende de la potencia del emisor y del emplazamiento del receptor, puesto que pueden existir zonas de silencio incluso cerca del emisor (como por ejemplo en las faldas de una colina que sea más alta que el transmisor). Por ello es más adecuado expresar la sensibilidad por la f.e.m. de la señal que recibe la antena, medida con un aparato medidor de campo.

Este amplificador puede emplear, por ejemplo, válvulas de alta ganancia EF183 y EF184 y transformadores de doble ajuste.

El esquema de la figura 51 muestra la composición del circuito, con los correspondientes valores de resistencias y capacidades.

Con un conjunto de este tipo de dos pasos de amplificación se puede obtener una ganancia teórica de 1600 veces entre la rejilla de la conversora y el detector —a la frecuencia de la portadora de video—. Esto significa que la ganancia en el centro de la banda pasante sería del doble, o sea 3200, porque la frecuencia de video se sitúa, pues, al 50 % de la frecuencia del centro de la banda.

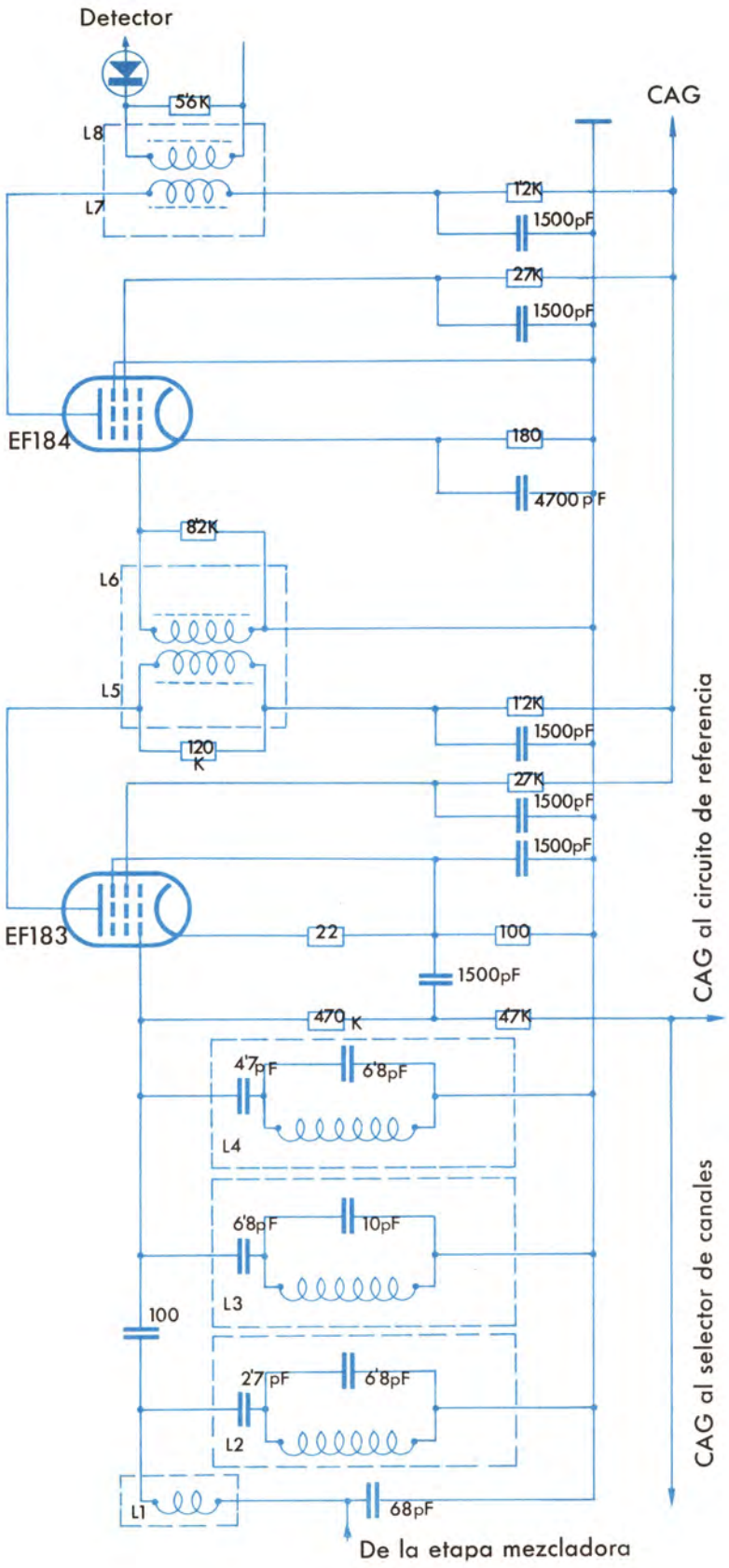
En la práctica no se consigue la ganancia teórica, porque entran en juego factores y circunstancias imprevistas que deben corregirse durante el montaje y resolverse una vez acabado el amplificador experimental, pero que merman en mayor o menor grado la amplificación.

Todo el circuito de FI debe disponerse agrupado y montado sobre un panel o pletina, buscando reunir racionalmente los elementos en el menor espacio posible. Todos los filtros deben protegerse con un blindaje y estar situados consecutivamente según la amplificación de las señales.

El control automático de ganancia se aplica al primer paso de amplificación, con EF183, conectando en serie con la del cátodo una resistencia de muy bajo valor (22 Ω) y sin condensador en paralelo, al efecto de reducir el CAG sobre la capacidad de entrada de esta válvula.

El valor de unos 22 Ω de la resistencia hace que las variaciones de la capacidad de entrada sean mínimas; al contrario, la señal de entrada en la válvula no controlada por la tensión del CAG debe ser relativamente pequeña, debido al elevado Q del circuito precedente. En ello influye mucho el condensador de acoplamiento a la resistencia de cátodo, y será preferible que sea relativamente grande (del orden de 4700 pF).

Figura 51. — Amplificador de FI con dos pasos de banda pasante, de baja sensibilidad.


Detector
5'6K
L8
L7
CAG
1'2K
1500pF
27K
1500pF
EF184
180
4700 pF
8'2K
L6
L5
1'2K
1500pF
120 K
27K
1500pF
1500pF
EF183
22
100
1500pF
470 K
47K
CAG al circuito de referencia
4'7pF
6'8pF
L4
6'8pF
10pF
L3
100
2'7 pF
6'8pF
L2
CAG al selector de canales
L1
68pF
De la etapa mezcladora

CIRCUITOS TRAMPAS

En primer lugar diremos que cada una de las trampas puede estar constituida por un condensador en serie y una bobina en paralelo con un condensador.

El circuito formado por L_2 y L_4 se aloja en el mismo blindaje que contiene el secundario del primer filtro de banda pasante (fig. 52 C). Los circuitos de C_5, L_3 y C_6, así como los de C_7, L_4 y C_8, se disponen en un blindaje análogo provisto de paredes de separación (figs. 52 A y B).

Las bobinas están constituidas con hilo de cobre esmaltado de 0,22 mm y devanado sobre soportes cuyas dimensiones se indican en la citada figura 52. La separación entre espiras es igual al diámetro del hilo.

El ajuste se efectúa por medio del desplazamiento del núcleo de ferrita incluido en los soportes de las bobinas.

La tabla siguiente indica los datos constructivos de las bobinas y su factor Q para las frecuencias que se indican.

Bobina	Espiras n.º	Inductancia μH	Q	f_{MHz}
L_2	31	1,58 ÷ 3,61	17,5	36,4
L_3	19	0,69 ÷ 1,68	12,8	40,4
L_4	31	1,52 ÷ 3,61	12,4	31,9

La bobina L_1 forma un filtro de banda pasante, con acoplamiento crítico sobre una bobina montada separadamente en el selector de canales (no indicada en el esquema) y que junto con L_1 forma el filtro citado.

La bobina L_1 está formada por 17 espiras del mismo hilo. Tiene un factor Q = 45, medido a 36,4 MHz, y una inductancia comprendida entre 0,65 y 1,65 μH.

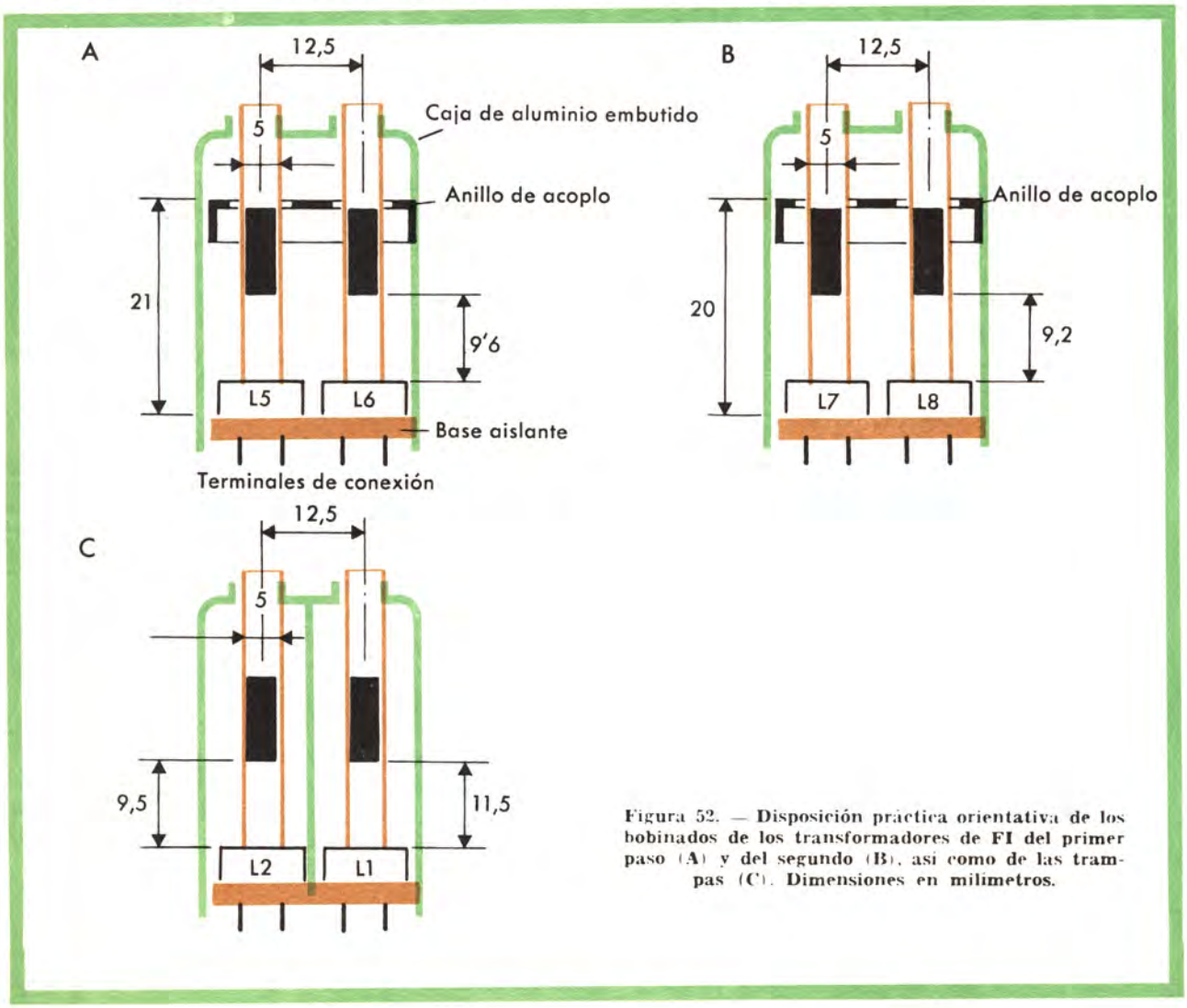


Figura 52. — Disposición práctica orientativa de los bobinados de los transformadores de FI del primer paso (A) y del segundo (B), así como de las trampas (C). Dimensiones en milímetros.

CIRCUITOS FILTROS

Primer paso de amplificación

Los circuitos con transformador se consideran aquí, para mayor facilidad, como filtros de banda pasante, con acoplamiento algo superior al crítico. El acoplamiento se efectúa por medio de un anillo (pie de latón) situado encima y muy próximo a las bobinas, a una altura determinada por ajuste, fijándose definitivamente en la posición óptima.

La figura 52 A muestra los detalles constructivos de estos filtros, y se indica la altura del anillo antes citado.

La bobina L_5 está formada por 28 espiras, y L_6 por 21, de hilo esmaltado de 0,22 mm, ambas enrolladas en el mismo sentido y con una separación entre espiras igual al diámetro del hilo. Los datos eléctricos obtenibles son:

	Primario	*Secundario*
Q a 36,4 MHz	24	17
C_b	7,1 pF	18 pF
L_t	1,38 ÷ 3,71 μH	0,21 ÷ 2,2 μH
Coeficiente de acoplamiento 14 a la frecuencia de 36,4 MHz		

Puesto que la respuesta del amplificador depende en gran parte del ajuste de este filtro de banda pasante, es necesario prestar la mayor atención a su construcción, y en particular a la posición correcta del anillo de acoplamiento.

Segundo paso de amplificación

Por lo que se refiere al segundo paso, también con transformador compuesto por las bobinas L_7 y L_8 y acoplamiento interno por anillo, no es necesario conectar al secundario una capacidad adicional para el ajuste correcto, ya que se alcanzan valores de ganancia suficiente. La figura 52 B ilustra los detalles constructivos de este filtro, incluido el anillo de acoplamiento situado dentro del blindaje. La bobina L_7 está formada por 36 espiras, y L_8 por 24 espiras, con hilo de 0,22 mm; ambas enrolladas en el mismo sentido.

Las características obtenibles de este paso son:

	Primario	*Secundario*
Q a 36,4 MHz	24	4,4
C_b	6 pF	3,7 pF
L_t	2,45 ÷ 6,7 μH	1,2 ÷ 3,2 μH
Coeficiente de acoplamiento 11,6 % a 36,4 MHz		

Los coeficientes de acoplamiento (k) entre primario y secundario de estos filtros, así como los respectivos factores de calidad, pueden ser excelentes, aunque no conviene aumentarlos en demasía para no incurrir en la deformación de la curva de paso. Por ello en el último filtro con L_7 y L_8, la relación $r = Q_s/Q_p$ tiene un valor inferior a la unidad.

En la práctica es, desde luego, necesario hacer retoques, puesto que la anchura de banda de los filtros no es despreciable con relación a la frecuencia central de la banda; y la respuesta es casi siempre asimétrica, con atenuación mayor hacia el lado de la frecuencia más elevada. Algunas veces se debe incluso recurrir a retoques de ajuste de los primarios o de los secundarios de estos filtros.

Debe observarse que para obtener un valor lo

más elevado posible de Q_p y Q_s es necesario reducir la capacidad dispersa que existe entre ambos devanados, sea cual sea el paso de amplificación. Para conseguirlo es necesario que las conexiones que van al ánodo de la primera válvula y a la rejilla de la válvula siguiente sean lo más cortas posible.

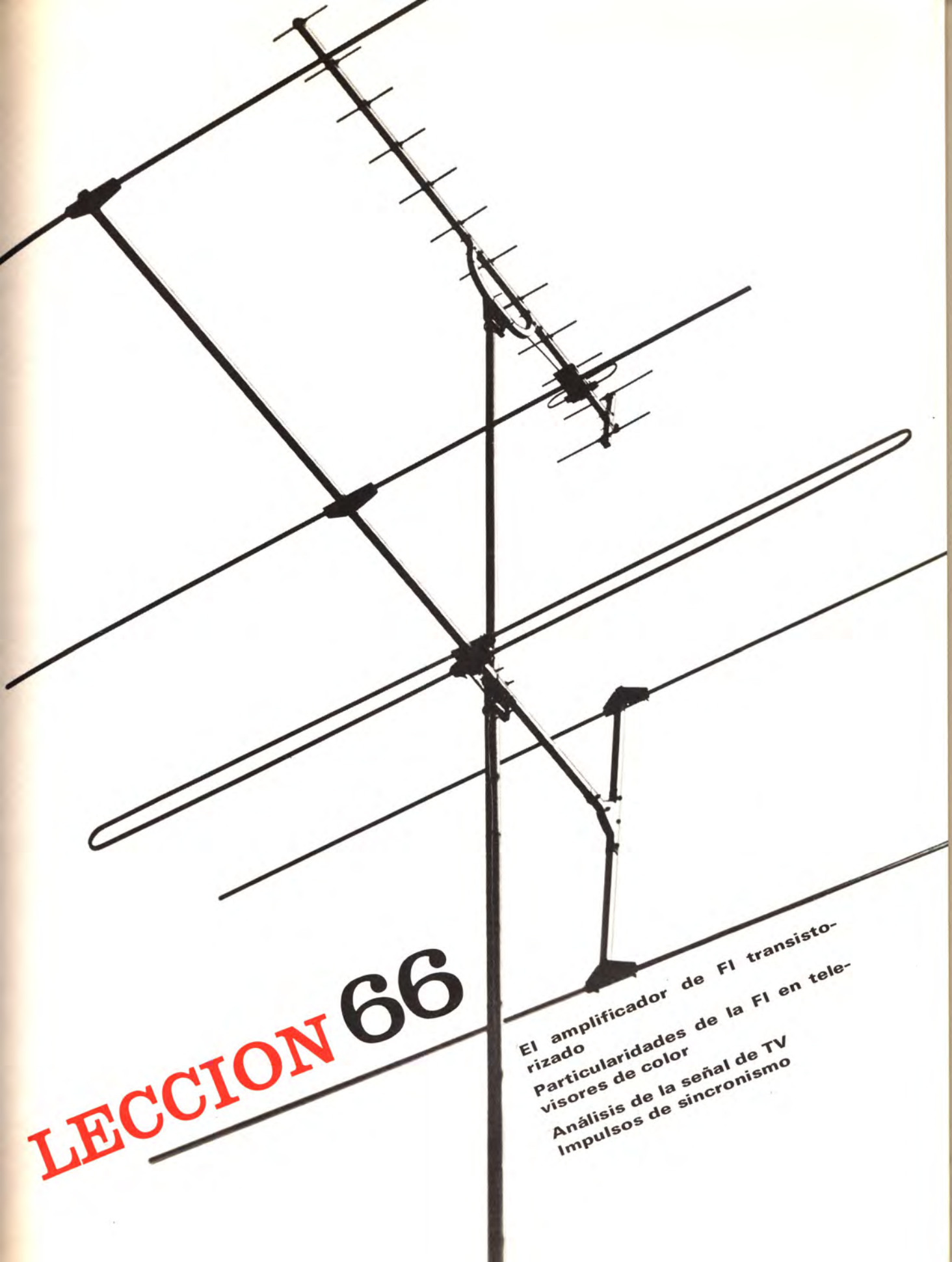
Datos de respuesta

A 36,4 MHz la ganancia, medida entre la rejilla del conversor y el detector, es aproximadamente de 3200; la ganancia en la primera válvula de FI (excluido el CAG) es de 20 y la ganancia de la segunda válvula de unos 60. Suponiendo que el selector realice una gancia de 15, para tener en el detector por lo menos 4 V eficaces (a la frecuencia central) es necesario que en los bornes de antena sea aplicada una señal de unos 160 μV.

En estos valores está comprendida la atenuación causada por los filtros trampa, por el ligero desajuste introducido entre el primario y secundario de los filtros de banda pasante y por el empleo del acoplamiento capacitivo entre primario y secundario.

En resumen, como podemos deducir, en los montajes corrientes es aconsejable recurrir a pletinas comerciales de amplificación de FI, que han sido probadas y que se suministran ajustadas, ya que el cuidado y experiencia que se requiere en esta etapa del televisor sólo se justifican en proyectos y en montajes experimentales.

* * * * *



LECCION 66

El amplificador de FI transistorizado

Particularidades de la FI en televisores de color

Análisis de la señal de TV

Impulsos de sincronismo

ESTUDIO TEORICO - PRACTICO DE LAS ETAPAS DE FI

EL AMPLIFICADOR DE FI TRANSISTORIZADO

En la lección anterior hemos estudiado el amplificador de frecuencia intermedia en su versión clásica de circuito con válvulas; sin embargo, el desarrollo reciente de los transistores proyectados para alta frecuencia ha permitido utilizar estos dispositivos semiconductores en los televisores con sus ventajas características ya conocidas en otros circuitos electrónicos.

En las etapas de sintonía del televisor ya examinamos la aplicación de los transistores en alta frecuencia; veamos pues ahora la transistorización de la etapa FI señalando que ello permite reducir a un tamaño muy pequeño una etapa que, realizada con válvulas, ocupaba un espacio considerable en los televisores totalmente cableados a mano y algo menos en los montados con una pletina ya preparada como es práctica habitual en la actualidad.

La aplicación concreta de los amplificadores de FI transistorizados se dirige tanto a los televisores portátiles alimentados con batería como a los alimentados a la red del tipo híbrido (válvulas y transistores) de pantalla pequeña o grande.

Hace pocos años esta aplicación no era muy apropiada con los transistores de germanio que se conocían, debido al escaso rendimiento que daban en alta frecuencia de video; no obstante, aunque la respuesta y la ganancia fueran muy limitadas, se construyen televisores transistorizados, en particular del tipo portátil, de la categoría que ya citamos, de escasa sensibilidad, pero la investigación constante de estos elementos ha dado por fin nuevos transistores de alta frecuencia que se pueden acoplar perfectamente en los circuitos de FI con gran rendimiento.

Un transistor actual de alta frecuencia puede utilizarse para la amplificación de video, así como para la amplificación en RF y su conversión, en los osciladores de barrido, en el detector de video, el control automático de ganancia, los separadores de sincronismo, los amplificadores de desviación, etc.

El transistor es, en términos generales, un elemento electrónico que facilita la construcción de un televisor de peso reducido, manejable y portátil, funcionando con baterías de pilas o acumuladores, es decir, un televisor pequeño con pantalla no superior a 11 pulgadas, pues cuando se necesita una pantalla mayor, el problema se complica y para resolverlo se construyen televisores con circuitos híbridos que, como hemos indicado, son con una parte de transistores y otra de válvulas.

Comparando los transistores con las válvulas electrónicas vemos que tienen sus ventajas e inconvenientes, a saber.

El consumo de potencia es solamente una décima parte de la que corresponde a las válvulas. Sus dimensiones pequeñas, peso reducido, rendimiento elevado y ausencia de efecto microfónico, lo hacen muy apto para circuitos selectivos.

En cambio, son ligeramente más ruidosos que las válvulas y sus impedancias de entrada y salida son normalmente más pequeñas. Las corrien-

tes residuales del transistor crecen rápidamente con la temperatura, lo que provoca un estado de ruido de fondo, a medida que la temperatura aumenta.

Comparándolo con una válvula moderna aplicada en FI podemos señalar que con ésta se puede conseguir una ganancia de unos 30 dB en un paso de amplificación; en cambio un transistor sólo llega a tres cuartas partes de aquélla en general. Esto nos conduce a considerar que para cumplir la ganancia deseada en FI se necesitarán más transistores que válvulas. Por término medio, se puede decir, que actualmente se requieren tres transistores para efectuar el trabajo de dos válvulas.

Los parámetros eléctricos que clasifican un transistor son bastante sensibles a los cambios de temperatura, tensión y corriente, mucho más que las válvulas; por tal razón el diseño de un amplificador transistorizado presenta muchas veces aspectos diferentes al clásico de un amplificador de válvulas.

Sistemas de amplificación de FI con transistores

Los sistemas de amplificación usados en amplificadores de FI con transistores son los mismos que se emplean con las válvulas; sin embargo, existen un cierto número de factores que exigen un proyecto algo diferente del habitual con válvulas.

Ya se dijo en lecciones precedentes, que en la amplificación con el sistema de sonido por interportadora intercarrier se utilizaban pasos sucesivos de amplificación para las frecuencias intermedias de imagen y de sonido hasta el detector de video inclusive; por tal motivo, dichos pasos de amplificación deben poseer una banda pasante lo suficiente ancha, como para acomodar en todo momento las FI de ambas portadoras que están separadas en 5,5 MHz.

Ahora, empleando transistores como elementos amplificadores, debemos tener en cuenta que la impedancia de entrada es muy baja, y con ello toda precaución es poca para conseguir la respuesta correcta, cuando se acoplan pasos de amplificación correlativos.

Los dos sistemas de amplificación en FI que ya conocen, el de sintonía a banda pasante y el de sintonía escalonada, pueden también usarse empleando transistores, pero se deben tener en cuenta ciertos detalles que a continuación apuntamos.

La sintonía escalonada con transistores proporciona menos ganancia que la sintonía a banda pasante debido al compromiso «ganancia-ancho de banda» que no se puede aplicar aquí con la misma extensión que con las válvulas, motivo por el que existe la tendencia a utilizar, en los pasos de banda ancha transistorizados, el sistema de banda pasante o sincrona.

En cambio, por lo que se refiere a la estabilidad, el sistema de banda escalonada es fundamentalmente mejor por la razón de que cada circuito no posee ninguna frecuencia central y existe menos probabilidad de readmisión.

Recordamos que la ganancia que debe tener el amplificador de FI se calcula a partir de los valores de señal detectada que se desean y la f.e.m. en antena que se considera útil.

El valor útil de la f.e.m. en antena viene fijado por la relación señal/ruido del sintonizador; en general, unos 20 μV permiten una razonable recepción. La señal de salida del detector depende del tamaño del tubo de imagen que se adopte; en general, 2 Vpp (dos voltios entre pico y pico, 1 voltio de cresta) son suficientes en el caso de un televisor portátil de pantalla normalmente pequeña, siendo necesarios 3 Vpp en un televisor normal de unas 20 pulgadas.

Es decir, la ganancia de transferencia en tensión es del orden de 100.000, es decir, de 100 dB. La ganancia de transferencia de un sintonizador viene a ser de unos 35 dB, por lo que la ganancia del amplificador de FI tendrá que ser de unos 65-70 dB como mínimo en el punto central de la curva de respuesta del amplificador.

Pero la ganancia del amplificador debe conjugarse con la anchura de banda y la característica de amplitud de la curva de respuesta del amplificador.

Sistemas de acoplamiento

Los sistemas de acoplo entre pasos sucesivos de amplificación son ligeramente diferentes a los señalados como adecuados para las válvulas. Es de recordar que para conseguir la ganancia máxima entre pasos de amplificación, el acoplo de impedancias debe ser en lo posible de igual magnitud. Dicho de otro modo, la impedancia de salida del transformador debe ser adaptada a la impedancia de carga y ésta a la del circuito que le sigue.

Cuando la impedancia de carga no es igual a la de entrada del paso siguiente, entonces deben

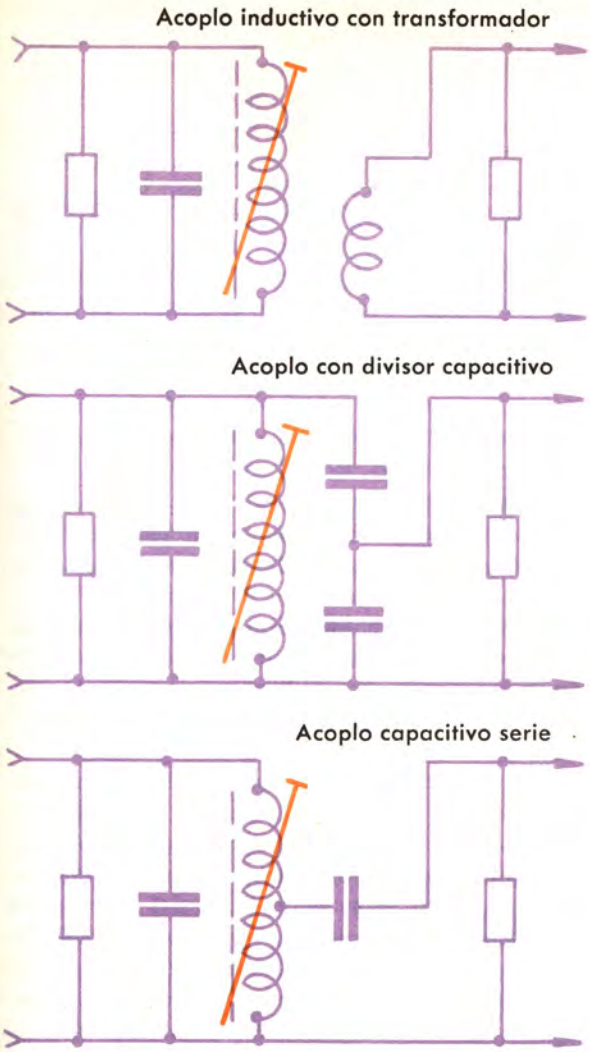


Figura 1. — Sistemas de acoplamiento entre pasos sucesivos de amplificación.

usarse sistemas apropiados de acoplamiento, por ejemplo los indicados en la figura 1 que son:

— acoplo inductivo con transformador;
— acoplo con divisor capacitivo;
— acoplo capacitivo serie.

Con estos tres sistemas se busca siempre que la adaptación de impedancias sea la más perfecta posible entre la del primario Zp y la del secundario Zs a fin de obtener la máxima transferencia de potencia. El valor de las impedancias se refiere a la frecuencia media f_o de la banda pasante.

En cuanto a los circuitos de sintonía simple, por ejemplo el de la figura 2 (a), sólo con el primario sintonizado a la resonancia de f_o, es el que más generalmente se usa como primer paso de amplificación. En cambio, el de la figura 2 (b) con sistema a sintonía doble, o sea primario y secun-

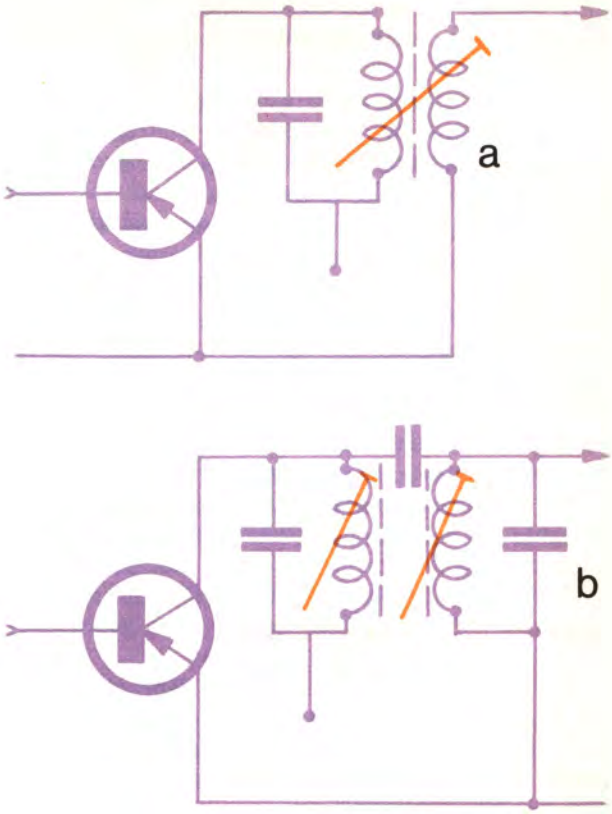


Figura 2. — Circuitos sintonizados de acoplamiento.
a) De sintonía simple.
b) De sintonía doble.

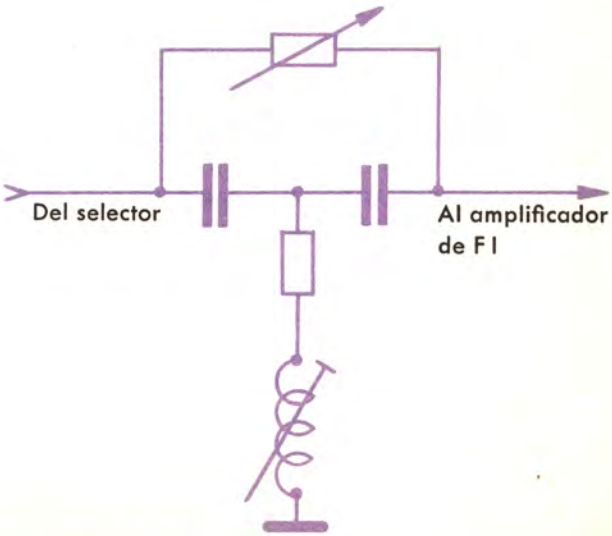


Figura 3. — Filtro de acoplamiento entre selector de RF y amplificación de FI.

dario ajustados a la resonancia, es el que se usa más en los pasos segundo, tercero y cuarto, en particular en los transistores montados con polarización fija.

Esto no quiere decir que según sean los elementos de que se dispongan para el proyecto la aplicación de estos acoplamientos y de sintonía sea distinto a lo que apuntamos.

Un caso particular de acoplamiento es el del filtro entre sintonizador de RF y amplificador de FI, que tiene por misión formar un filtro pasabanda con el primario que se halla situado en el interior del selector de canales y rechazar las frecuencias indeseables antes de que lleguen a la primera etapa de FI. A tal fin se prevén filtros del tipo en T según muestra la figura 3, en el que es conveniente que la resistencia pueda ajustarse o bien la inductancia por medio de una espira desplazable en cortocircuito.

Curva de respuesta

La curva de respuesta que se debe obtener en un amplificador de FI con transistores, por interportadora, es la misma que ya se ha definido, al tratar de la amplificación con válvulas, es decir, una banda ancha en que quepan las dos señales de imagen y de sonido, cualquiera que sea el tipo de acoplamiento y sistema de amplificación. Se entiende pues que el ancho de banda deberá ser a —3 dB del valor máximo obtenido con la frecuencia f_o.

La situación aquí es algo diferente que con válvulas en relación al sistema de acoplamiento por circuito resonante. Al tratar la amplificación de FI con válvulas, dimos a conocer como la «ganancia-ancho de banda» están relacionados inversamente entre sí, es decir, debía sacrificarse la ganancia en razón del ancho de banda pasante. Esto era en parte debido a que la impedancia de salida de la válvula era tan alta que casi era imposible conseguir la perfecta adaptación de impedancias para una correcta transferencia de potencia, y con ello obtener la máxima ganancia. Con ello, cuanto mejor era la adaptación de impedancias, más alta era la ganancia, pero cuanto más elevada era la impedancia más estrecha era la banda pasante, lo que motivaba, para conseguir mayor anchura de banda, insertar en derivación con la bobina una resistencia que reducía de hecho la ganancia.

En los amplificadores de FI con transistores, el problema es distinto, porque la impedancia interna del transistor es bastante más pequeña que la de una válvula, por lo menos una décima parte menos, lo que facilita el empleo del sistema de banda pasante en el que la ganancia viene dada por

$$Q_l = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Cuando el valor de R es fijo, podemos variar el factor de mérito Q_l variando fácilmente la relación C/L siempre y cuando mantengamos constante el producto LC para que se mantenga constante la frecuencia central de la banda.

El ancho de banda será:

$$B = \frac{f_o}{Q_l} = \frac{f_o}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

por lo tanto, teóricamente podemos obtener el ancho de banda deseado escogiendo la razón L/C adecuada para conseguir, dentro de las condiciones precedentes, la ganancia deseada.

Para un mismo valor de la frecuencia f_o cuanto más pequeño sea el valor de R mayor será la anchura de banda. Se deduce pues de la fórmula anterior, que la banda pasante crece cuando C o R decrecen.

Generalmente los pasos de amplificación transistorizados de banda ancha se distinguen por tener una resistencia de atenuación en paralelo o por un condensador de sintonía de valor muy reducido. He aquí pues el motivo del porqué en muchos circuitos de acoplo sintonizados a la resonancia no figura ningún condensador, ya que se busca que sea de valor mínimo aprovechando incluso las capacidades residuales del conexionado.

Ganancia de FI

Sabemos el valor de la ganancia que se debe conseguir en un amplificador de FI, para que la señal recibida en la antena llegue amplificada al detector con un valor suficiente para ser detectada y amplificada de nuevo, para ser distribuida a los canales de sonido y de imagen.

Pero sabemos también que el amplificador será de mayor o menor número de pasos de amplificación para un mismo valor de tensión eficaz en el colector, según sea considerado el valor mínimo de la señal en antena, sea de alta o de baja sensibilidad.

Por lo regular los televisores transistorizados, montados hasta la fecha, son casi siempre de baja o mediana sensibilidad, puesto que se considera como normal la señal de entrada no inferior a 50 μV eficaces, para el máximo contraste y el mínimo brillo en la pantalla.

La ganancia total propiamente dicha de un

amplificador transistorizado es quizá mayor a la que se debería dar a uno de válvulas para conseguir la misma tensión de salida porque generalmente el sintonizador transistorizado proporciona menos ganancia que uno de válvulas, es decir, la señal que entra en el amplificador de FI transistorizado es menor; por lo tanto como compensación la amplificación con transistores debe rellenar esta diferencia con una mayor ganancia total.

Además, algunos sintonizadores modernos, en lugar de aumentar la ganancia respecto a los antiguos, la han disminuido, por lo que los amplificadores de FI necesitan una ganancia suplementaria que permita la total necesaria.

Para estos casos, el amplificador aperiódico a la entrada del amplificador de FI es la solución más adecuada y utilizada. La figura 4 muestra uno de estos amplificadores que con un transistor planar de silicio proporciona siempre una ganancia de 10 dB.

Las ganancias obtenidas en cada paso de amplificación se suelen siempre expresar como ganancias de potencia, debido en parte a la diferencia que existe entre las impedancias de entrada y salida del transistor. Por ejemplo, la relación de la reactancia a la resistencia en las impedancias de entrada y salida es aproximadamente de 1/50.

La ganancia en potencia del transistor varía directamente con el producto «ganancia-ancho de banda» e inversamente con el producto de la resistencia interna de la base por la capacidad interna de readmisión entre colector y base. Para obtener ganancias elevadas dentro del ancho de banda requerido, es conveniente reducir en lo posible el segundo producto y lo único factible es reducir al mínimo el valor de la capacidad de readmisión. Pero el caso es que esta capacidad es inversamente proporcional a la tensión aplicada al colector. Esto explica el porqué frecuentemente veamos aplicada una tensión de polarización relativamente elevada.

La ganancia que se suele dar a estos amplificadores, en televisores portátiles, con antena incorporada, es alrededor de los 70 dB.

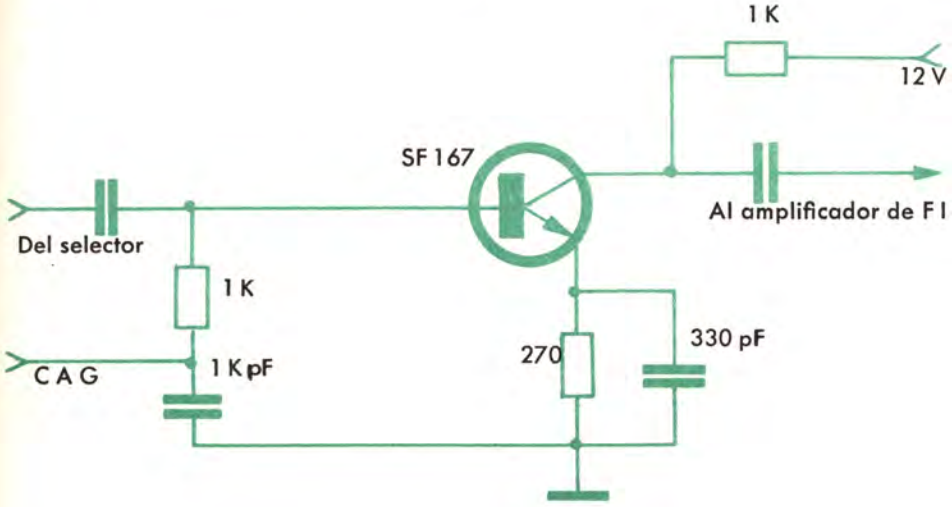


Figura 4. — Etapa periódica a la entrada del amplificador de FI.

Transistores para equipos de FI

Recordemos que el transistor es un amplificador de corriente —cuando la válvula es un amplificador de tensión— y su ganancia efectiva depende del circuito en que se utilice. Al crecer la frecuencia, la ganancia de corriente decrece al principio muy lentamente para las bajas frecuencias, pero a medida que la frecuencia aumenta llega a un valor tal que decrece bruscamente hasta llegar a un valor de ganancia para el cual el transistor no es utilizable.

La clasificación de los transistores para ser utilizados en los amplificadores de FI puede definirse en tres parámetros básicos: el primero la ganancia β, o sea el valor medio de la ganancia en corriente en un montaje de emisor-común; el segundo, la capacidad interna del transistor; y el tercero, el valor de la frecuencia límite; datos todos ellos que facilita el fabricante.

Para el primero hay que tener en cuenta el tipo de circuito, ya sea con base-común o con emisor-común, usado en todo el amplificador. En los primeros tiempos de aplicación de los transistores, en circuitos receptores de televisión, se usaba de preferencia el montaje base-común en parte obligado por los tipos de transistores de que se disponía (poca ganancia a las frecuencias de

FI), pero actualmente con los nuevos transistores estudiados para estas frecuencias de video, se usa preferentemente el montaje emisor-común, puesto que el transistor funcionando de esta forma puede tener más ganancia y mayor estabilidad que el amplificador montado en base-común.

Con un montaje de emisor-común los transistores actuales destinados para FI pueden dar una ganancia en corriente β de un valor que oscila de 50 a 100.

En cuanto a la capacidad interna de salida, la que produce una readmisión negativa intrínseca y la que se debe forzosamente neutralizar, es, para los transistores actuales, tan sólo de 1 a 1,5 pF como máximo. La capacidad de entrada es mucho mayor, del orden ya de los 10 a 12 pF, pero en realidad no llega a ser un problema difícil para ajustar las impedancias al sistema de acoplamiento, con o sin circuito sintonizado a la resonancia.

Existen actualmente en el mercado transistores especialmente estudiados para trabajar a las frecuencias de FI de video, tanto de germanio como de silicio.

Los transistores de germanio son casi todos fabricados con aleación difusa; en cambio los transistores de silicio son del tipo PLANAR —técnicas que ya describimos al tratar de los semiconductores y transistores—. El transistor de silicio de estructura planar elimina la mayor parte de los inconvenientes que dificultaban el desarrollo de los amplificadores de FI transistorizados en TV. Dicha estructura permite la fabricación en serie de gran fiabilidad, tamaño reducido, aptitud para servicio a alta frecuencia.

Tienen la ventaja de presentar una capacidad de reacción muy pequeña, con un alto coeficiente de ganancia y una baja resistencia térmica. Para la fabricación de estos transistores de silicio se utiliza una nueva técnica a base de un sistema de blindajes integrados en su masa, los cuales hacen que la capacidad de readmisión sea muy pequeña, lo que significa la posibilidad de realizar amplificadores de fuerte ganancia sin neutralización y obtener así una notable potencia de salida.

Los transistores de silicio se utilizan normalmente en circuitos con emisor-común, y con este montaje pueden compararse (salvo las impedancias, naturalmente) a un circuito de válvula triodo, en el que el emisor actúa como cátodo, la base como rejilla y el colector como placa.

La técnica en la construcción de nuevos tipos de transistores ha avanzado muchísimo en este campo de alta frecuencia, pues incluso existen transistores «ancla» completamente adaptados a las frecuencias ultraelevadas de los canales de UHF, e incluso al número de líneas: por ejemplo, para el standard francés con 819 líneas y el normalizado por CCIR de 625 líneas empleado por la TVE.

Pasos de amplificación

Para obtener la ganancia citada anteriormente, debe preverse alrededor de cuatro transistores. Para cada paso de amplificación se puede decir que por término medio la ganancia es de unos 20 dB, teniendo en cuenta que, por lo regular en el primer paso de amplificación, esta ganancia puede ser superior a los 20 dB y suele ser inferior a este valor en los pasos siguientes de amplificación; esto depende muy en particular de la forma en que se ha proyectado el circuito, como tendremos ocasión de comprobar más adelante.

Neutralización

Uno de los problemas que se presentan en los transistores es el de la neutralización de la readmisión indeseable, debida a la capacitancia interna, generalmente mucho mayor en los transistores de germanio que en los de silicio actualmente en el mercado.

Con el agravante que esta readmisión depende de las condiciones de polarización.

La capacidad colector-base proporciona una readmisión interna muy significativa que reduce la ganancia.

La neutralización consiste en suprimir la readmisión interna del transistor por medio de un bucle externo de readmisión en oposición de fase. La readmisión interna desgraciadamente no es fija, pues varía con los cambios y variaciones del CAG; precisamente, en los pasos de amplificación que no es posible compensar, lo que presenta un problema difícil.

La operación de neutralizar sus efectos consiste en disponer una readmisión externa por medio de un condensador C_n (fig. 5) que actúa en oposición de fase con respecto a la readmisión interna. Puede también compensarse por medio de una neutralización inductiva, pero que casi nunca se utiliza.

El valor óptimo de C_n se encuentra cuando se alimenta el colector a la frecuencia de trabajo y se encuentra la misma forma de respuesta tanto a la salida como a la entrada.

No obstante, el desarrollo actual en la fabricación de transistores permite eliminar parcialmente la capacidad de readmisión interna. Normalmente, sobre un substrato tipo N para el colector, se efectúan las difusiones de base y emisor

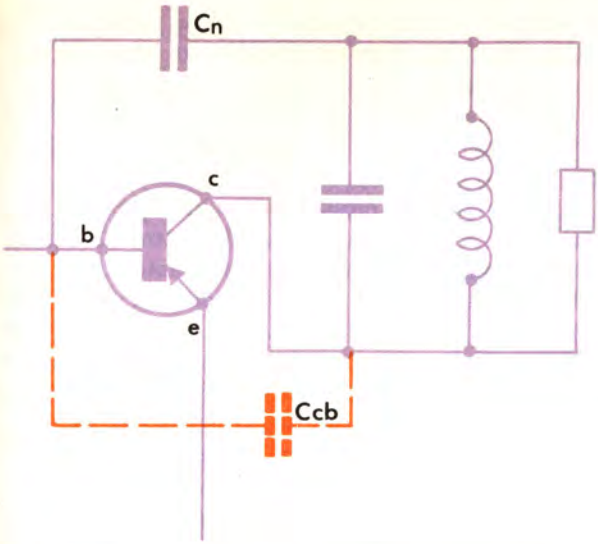


Figura 5. — Neutralización capacitiva en oposición de fase.

—ambas de tamaño muy pequeño— sobre las cuales se aplican por evaporación unas prolongaciones de aluminio a las que se sueldan los terminales o hilos de conexión. Para eliminar la capacidad entre el contacto de base y el colector se aplica una pantalla entre dichos electrodos y se une eléctricamente al emisor, transformándose así la capacidad base-colector en capacidades distribuidas de entrada y salida. Con ello se puede prescindir de la capacidad externa de neutralización con la ventaja que la variación que pueda introducir el CAG afecta tanto a la salida como a la entrada.

Paso de salida del amplificador de FI

La etapa de salida de un amplificador de FI debe reunir, entre otros, dos requisitos: una elevada ganancia y una buena transferencia de potencia hacia el detector.

Ambos requisitos pueden cumplirlos los modernos transistores de silicio-planar.

Para lograr una buena transferencia de potencia sería recomendable el uso de un solo circuito resonante en el acoplamiento transistor-detector, pero la mayoría de fabricantes de televisores usan un circuito doblemente sintonizado (fig. 6), para así lograr un mayor rechazo de las frecuencias exteriores a la banda de paso.

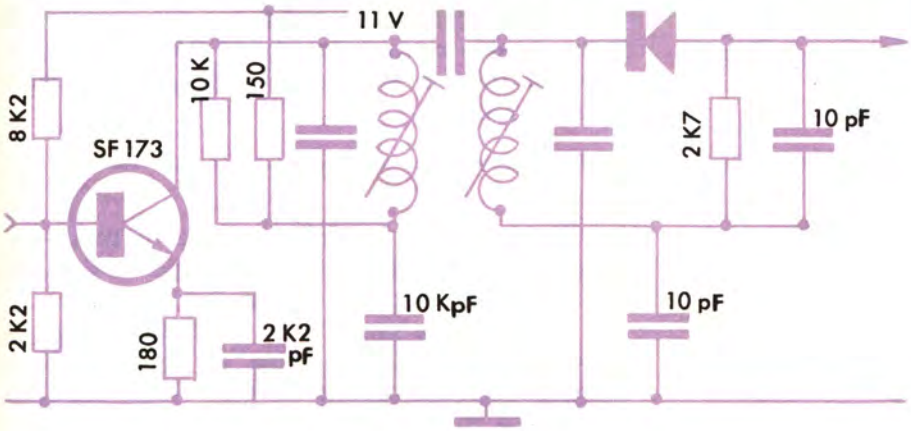


Figura 6. — Paso de salida doblemente sintonizada con transistor de silicio planar.

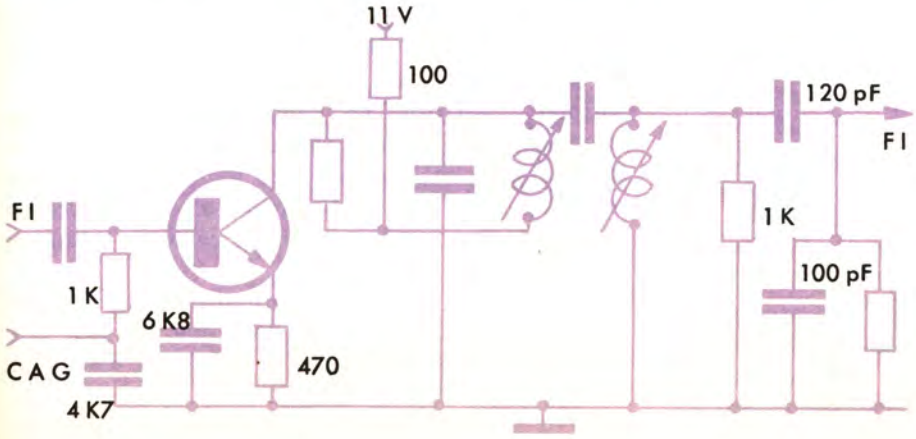


Figura 7. — Etapa central de un amplificador de FI transistorizado.

Polarización

La polarización consiste en dar a la base una tensión inferior a la del colector, tomando como referencia la que corresponde al emisor. Para los transistores PNP la polaridad será negativa y para los transistores NPN polaridad positiva con relación a la masa.

La polarización de los transistores consiste en llevarlos al punto crítico de trabajo, para que responda a la sensibilidad y ganancia máxima, eligiendo las corrientes de colector para que no se llegue a la disipación máxima permitida, teniendo en cuenta que las ganancias y las impedancias así como la respuesta en frecuencia dependen de tres factores: tensión, corriente y disipación.

Debemos recordar que la ganancia de un transistor crece uniformemente con la corriente de colector, pero en los transistores de base difusa, muy comunes en FI, tienen el inconveniente de que el diodo base-emisor posee una tensión inversa (o lo que equivale a decir, tensión de bloqueo) muy reducida, que normalmente no pasa de 1 voltio. Esto da motivo a que, en el ajuste del circuito de entrada, se proceda con mucho cuidado para evitar la posibilidad de tensiones inversas en momentos de sobrecargas accidentales.

La forma más conveniente para proceder a la polarización fija es la de un puente en derivación, según muestra la figura 8.

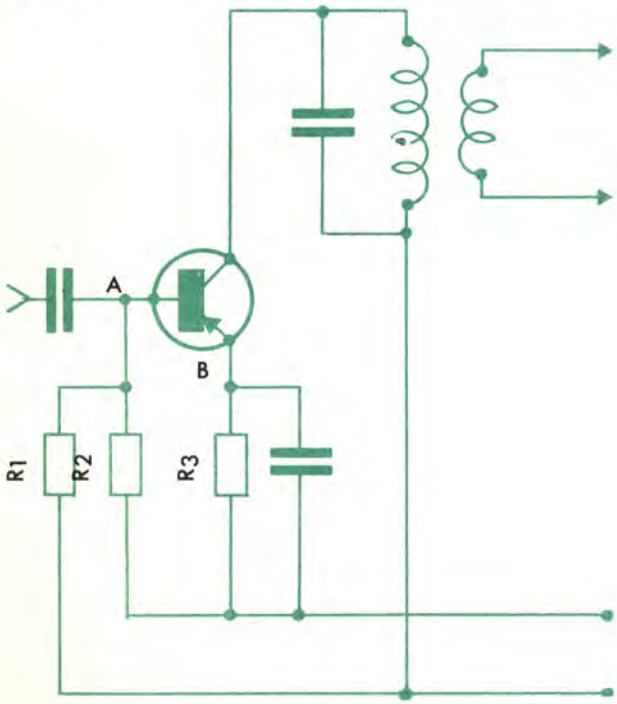


Figura 8. — Polarización en FI por puente-derivación.

Consiste en un puente formado por las resistencias R_1 y R_2 de alimentación, en donde la tensión base queda fijada por la obtenida en el punto A ligeramente inferior a la que corresponde al punto B del emisor. El potencial en el punto A debe mantenerse constante.

La corriente de emisor crece hasta que la tensión en el punto B pasa a ser ligeramente mayor que la tensión en el punto A. La resistencia R_3 del emisor lleva a cabo dos funciones en la red de polarización; en primer lugar ayuda a determinar la corriente de emisor y en consecuencia la del colector y además estabiliza la corriente de colector frente a los cambios de temperatura.

Las corrientes residuales del transistor crecen rápidamente con la temperatura y una de las funciones de la red de polarización es la de proteger el transistor contra la aceleración térmica que tendría lugar a un estado, en el cual la elevación de corriente residual con la temperatura produciría un aumento en la disipación de potencia en el propio transistor, lo que ocasionaría a la vez una elevación adicional de temperatura y así sucesivamente hasta que finalmente las corrientes residuales se elevarían de tal forma que suprimirían por completo la amplificación.

Como es de suponer, esta polarización se aplica solamente en los transistores del circuito FI que no están controlados por el CAG, pues aquéllos controlados automáticamente poseen polarización variable.

Control automático de ganancia

Según la clase de circuito y tipo de transistor usado se precisa un determinado tipo de CAG, es decir, de acción directa o de acción inversa.

Normalmente se proyecta de tal forma, que el CAG actúe en valor negativo, es decir, restando la amplificación cuando la señal llega excesiva. Esto da a entender que con el control de ganancia nulo la amplificación es máxima.

El control de ganancia casi siempre se aplica a la entrada del primer transistor, pero cuando la señal lo requiere se instala a la salida de este primer transistor. La ganancia de este primer transistor queda pues controlada automáticamente, variando en función de la tensión de polarización del CAG, e incluso para señales de recepción muy intensas puede reducir la ganancia a un valor casi nulo.

He aquí un detalle muy importante que se comprueba experimentalmente para que, durante esta reducción de ganancia, no se produzca distorsión en la curva de respuesta.

Por ejemplo, podría suceder que la acción del

CAG deformara la curva tal como se indica en la figura 9, de forma que la reducción de la ganancia sólo afectase al lateral izquierdo de la curva, precisamente el lado de la portadora de sonido, quedando casi intacta la parte lateral derecha que corresponde a la portadora de imagen. Cuando existe un buen control automático, la curva de respuesta queda invariable y sólo varía la amplitud.

Para reducir la distorsión de la curva de respuesta causada por la variación del CAG —producida en parte por la variación de las impedancias de entrada y salida, a consecuencia de la polarización que controla las corrientes del transistor— es costumbre aumentar las pérdidas colocando una resistencia en derivación, bien sea en el primario o en el secundario del transformador.

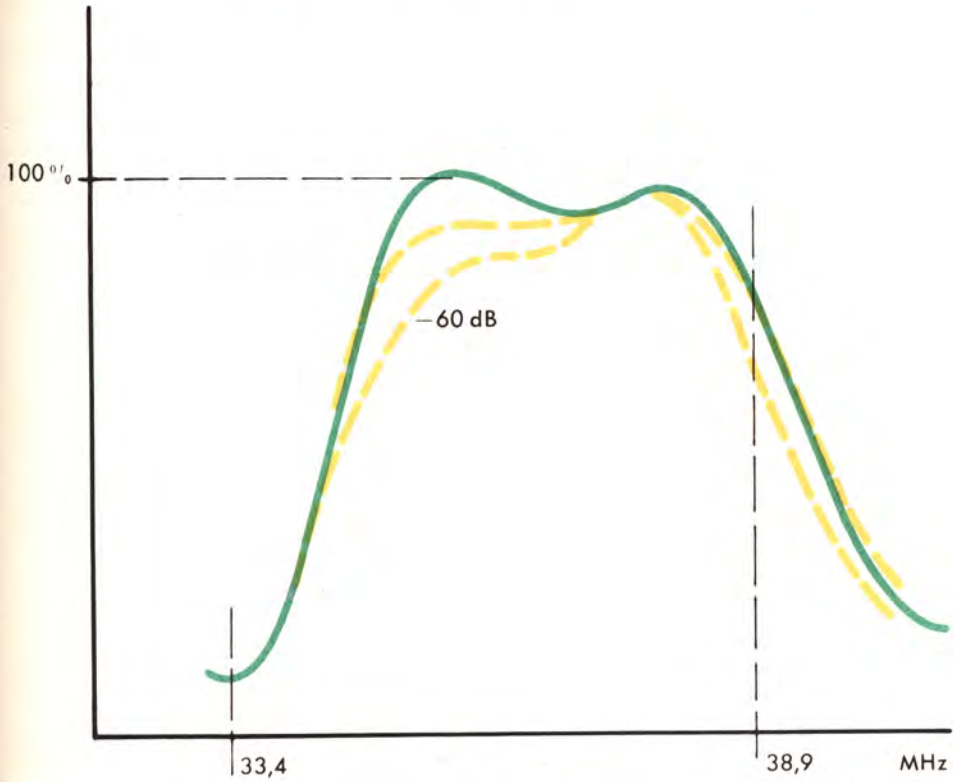


Figura 9. — Deformación de la curva de respuesta para diversos valores de atenuación del CAG.

Circuitos amplificadores de FI con transistores

Vamos a describir muy someramente varios tipos clásicos de amplificadores de FI transistorizados los cuales son algo distintos entre sí, por la disposición de sus elementos, según se haya proyectado el diseño bajo los conceptos siguientes:

- — con la aplicación de transistores de germanio;
- — con la aplicación de transistores de silicio;
- — con el sistema de acoplamiento inductivo;
- — con el sistema de acoplamiento capacitivo;
- — con la disposición de trampas entre pasos de amplificación;
- — con la disposición de trampas al inicio y al final de la amplificación.

Todo ello con el fin de dar a conocer la variedad de diseños que se pueden hacer en estos circuitos aparte de los ya conocidos de FI con válvula, que también se pueden utilizar con transistores, aunque aplicando los valores de impedancias adecuados al caso, pero aquí se describen los más aptos para los transistores actuales.

Amplificador de M con transistores de germanio

El amplificador de FI que describimos a continuación está diseñado según el esquema de la figura 10. Destinado a un televisor pequeño portátil con pantalla no mayor de 11 pulgadas, alimentado con batería o acumulador de 12 voltios, cuyo consumo total de receptor es de unos 17 W.

Consta de cuatro pasos de amplificador con los dos primeros regulados en amplificación mediante la tensión del CAG, que para el primer paso es producida por medio del apropiado circuito de tensión del CAG directamente, mientras que el del paso sucesivo controla la amplificación de alta frecuencia en el sintonizador.

Los filtros de banda, compuestos aquí de trans-

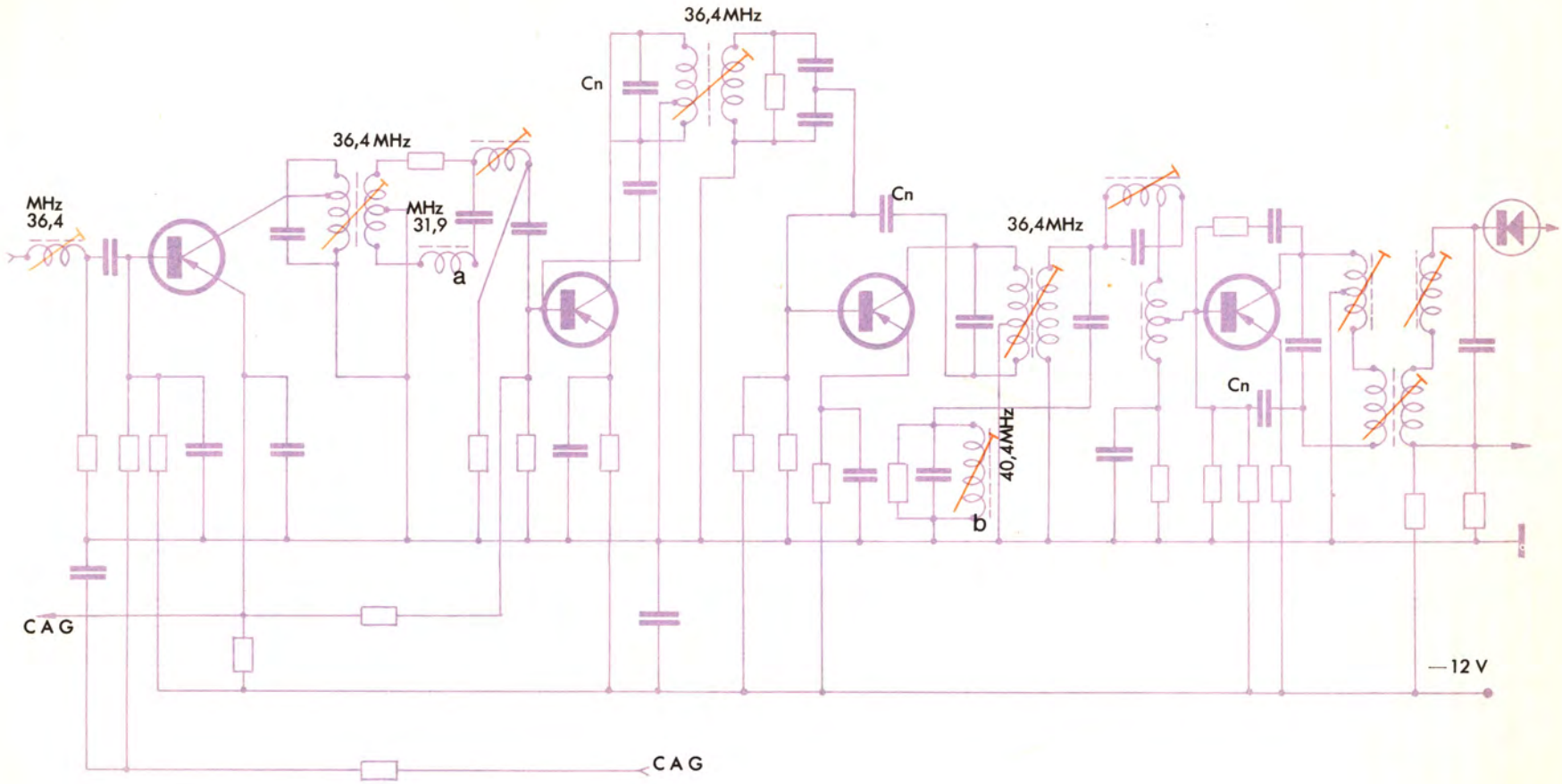


Figura 10. — Amplificador de FI con transistores de germanio, para televisor portátil de pantalla de 11".

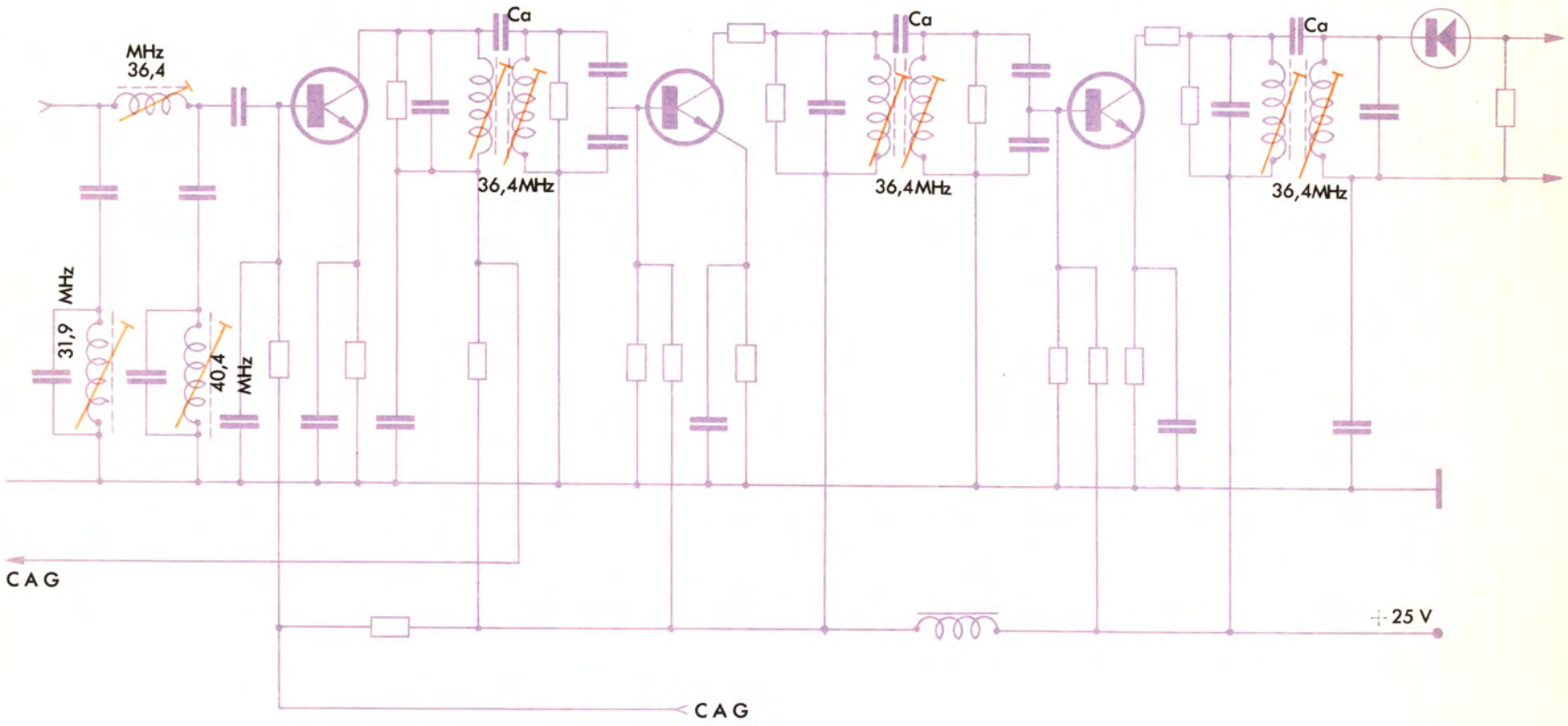


Figura 11. — Amplificador de FI con transistores de silicio planar.

formadores, son acoplados inductivamente y ajustados en forma simétrica. Las trampas de rechazo de portadoras de los canales adyacentes se insertan entre los pasos de amplificación. El primer transformador contiene el circuito trampa (a) para la portadora de sonido del canal vecino, y está situada en el circuito puente. Sobre el tercer transformador se encuentra la trampa (b) para la supresión de la portadora de video del canal adyacente; esta trampa se acopla inductivamente al transformador. Estas dos trampas producen una atenuación de las dos portantes de sonido y de imagen de los dos canales adyacentes de un valor cerca de los 50 dB.

La anchura de banda del último transformador se regula mediante una bobina adicional acoplada a éste.

Todos los transistores trabajan en circuito emisor-común; los tres últimos están provistos del apropiado circuito de neutralización por medio del condensador C_n y los dos últimos provistos de circuito de polarización.

He aquí pues un amplificador de FI con cuatro pasos, cuatro transistores, cuatro transformadores de frecuencia intermedia acoplados inductivamente y regulados con sintonía simple. Lleva las trampas de rechazo dispuestas en el primero y segundo paso de amplificación y las que regulan la forma y ancho de banda están entre el último transformador y el detector.

Amplificador de FI con transistores de silicio

El circuito amplificador que vamos a describir está ilustrado en el esquema de la figura 11 con sólo tres pasos de amplificación, usando transistores de silicio de alta ganancia, especiales para alta frecuencia.

Empleando los nuevos transistores de silicio de alta ganancia «planar», que tienen una capacidad interna de reacción muy reducida, se puede obtener la amplificación sin emplear el clásico circuito de neutralización y con ello se obtiene una fuerte ganancia y una notable potencia de salida, como ya se ha indicado.

Los filtros de banda con doble ajuste son por transformador con acoplamiento capacitivo π mediante el condensador C_a, obteniendo así un aumento de la estabilidad sin que cause ninguna reducción de la ganancia.

El control automático de ganancia se toma de dos puntos distintos: el primero en el primer paso y destinado a la media frecuencia de video; el segundo punto del CAG a la salida del primer paso de amplificación va al sintonizador, es decir, el CAG se obtiene aquí por un aumento de corriente, con el negativo a masa, y la reducción de la ganancia es en este caso superior a los 60 dB con la particularidad que esta reducción de ganancia afecta muy poco la curva de respuesta de la banda pasante. Se establece desde luego que el CAG empiece a funcionar con la única tensión que produce el rumor de fondo, ya que para conseguir una buena reproducción de imagen la relación señal-ruido debe ser superior a 30 dB.

Los pasos controlados por el CAG deben mantener la característica de entrada casi rectilínea, aun para valores máximos de atenuación, lo que es muy importante bajo el punto de vista de la intermodulación.

Como se observará, la polarización de la base de los dos últimos transistores es por puente en derivación, tal como se ha descrito anteriormente.

También se puede observar que los transistores carecen del típico circuito de neutralización, usado casi siempre en los transistores de germanio.

La ganancia de potencia de un primer paso de este tipo es del orden de los 25 dB; la ganancia de potencia del segundo paso podría ser de 28 dB; la ganancia del tercer paso de 31 dB; incluidas las pérdidas en el detector. De suerte que la ganancia total conseguida con un amplificador como éste de sólo tres transistores es de unos 84 dB y la tensión de salida en el detector en los bornes de la resistencia de carga sería de 5 V eficaces, para una tensión de entrada en la antena de 150 μV.

Este tipo de amplificador de alta ganancia y con la salida de 5 V eficaces permite ser usado en los televisores con montaje híbrido para pantallas de 21 ó 23 pulgadas.

La alimentación es con corriente continua a 25 V proveniendo casi siempre de un rectificador de la corriente de la red.

Circuitos prácticos de amplificadores transistorizados de FI para TV

La figura 12 muestra un amplificador de FI con modernos transistores de silicio-planar con pantalla interna, de resultados experimentados. Su ganancia es superior a los 70 dB. Los acoplamientos entre bobinas de los circuitos doblemente sintonizados se efectúan por condensador.

La figura 13 muestra una realización similar a la anterior con transistores NPN de silicio de estructura planar-epitaxial, también con pantalla interna incorporada. Por ello no utiliza neutralización, aunque su estabilidad es satisfactoria y su elevada transferencia de potencia de 84 dB es más que suficiente para un televisor de calidad. Permite una tensión de salida en el detector de 5 V,

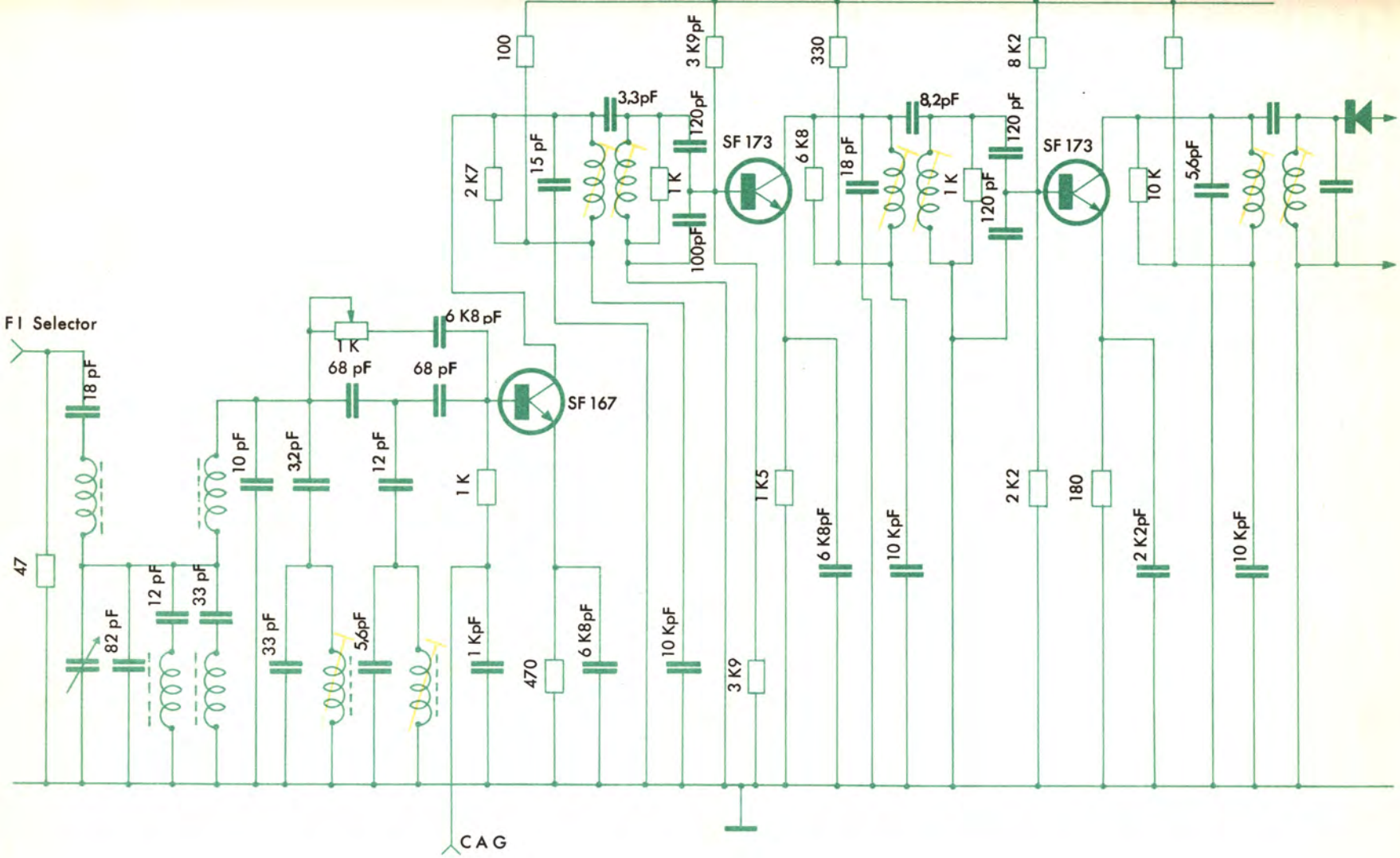


Figura 12. — Circuito práctico Piher de amplificador de FI con transistores de silicio planar.

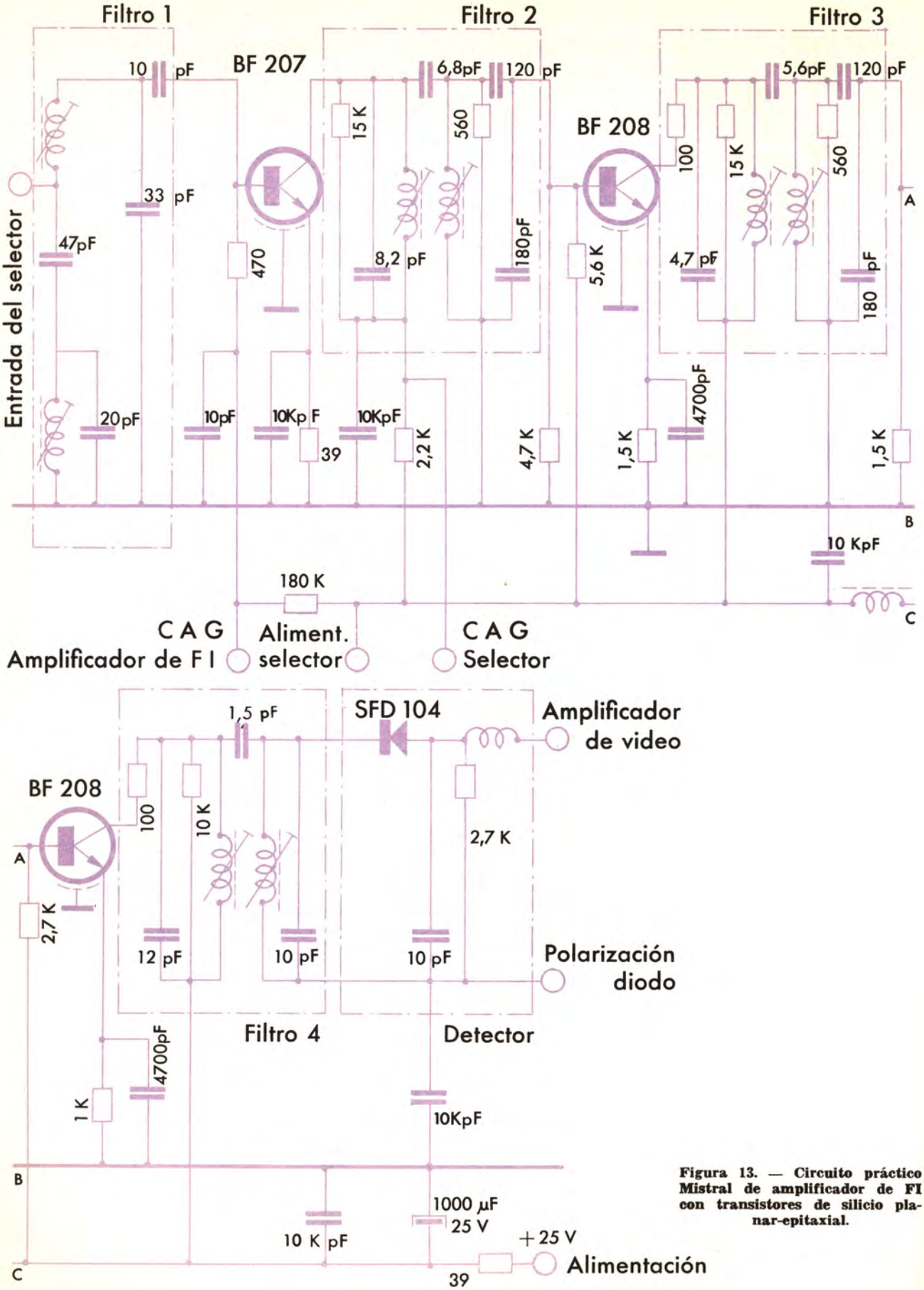


Figura 13. — Circuito práctico Mistral de amplificador de FI con transistores de silicio planar-epitaxial.

suficiente para la excitación de un amplificador de video de una sola etapa con válvula y tubo de imagen de 21 ó 23 pulgadas.

Los filtros de banda son de doble sintonía y acoplamiento capacitivo.

La figura 14 esquematiza las ganancias de tensión y transferencias de potencia de este amplificador de FI, lo cual nos orienta acerca de los valores que se manejan normalmente en estos circuitos.

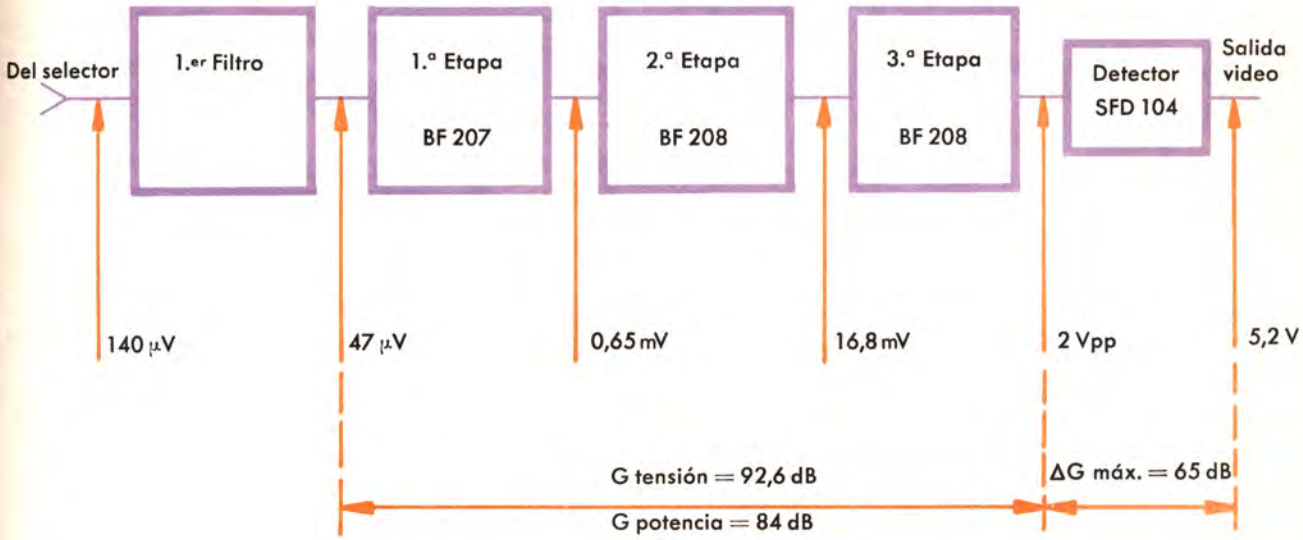


Figura 14. — Tensiones y ganancias en un amplificador de FI transistorizado típico como el de la figura 13.

PARTICULARIDADES DE LA FI EN TELEVISORES DE COLOR

En principio, la amplificación de FI no plantea problemas más difíciles que los de un televisor monocromático (en blanco y negro) de calidad. En este concepto de calidad señalamos dos principios básicos de ganancia suficiente y de forma de curva adecuadamente «filtrada» con el fin de evitar o limitar la posterior interferencia entre portadoras o subportadoras.

Teniendo en cuenta estas particularidades en un principio, los televisores de color poseían etapas de FI con muchos pasos de amplificación que en la actualidad han quedado bastante reducidos gracias a la disponibilidad de válvulas pentodo y transistores de silicio, ambos de ganancia muy elevada. Esto cumple la primera condición de ganancia adecuada; veamos ahora la segunda condición de banda pasante.

La figura 15 nos muestra la curva de respuesta típica de la sección de RF y entrada de FI de un televisor monocromático. En la de RF se admiten variaciones de amplitud que alcanzan hasta 3 decibelios (3 dB, 30 %) ya que no afectan «prácticamente» a la calidad de la imagen cuando en TV-Color una atenuación de 3 dB afecta realmente a la calidad de la imagen hasta el punto de originar incluso la pérdida total del color, ya que no olvidamos que en la curva de respuesta de la señal de TV-Color van incluidas las bandas laterales de color y el tren de impulsos de sincronismo del color. Por ello la máxima atenuación admisible en la curva de respuesta de TV-Color se estima en un 10 % (fig. 16).

En el amplificador de FI el standard CCIR fija la curva de respuesta que indica la figura 18 con una tolerancia de variación de amplitud que muestra la figura 19. Esta tolerancia es máxima para la televisión en blanco y negro; en TV-Color se trabaja con mucha menos tolerancia. En la figura 18, se observa que conviene que la «meseta» de la curva sea lo más plana posible con el fin de que tenga la máxima amplificación relativa la subportadora de color, con sus bandas laterales, como la señal portadora de imagen; en el extremo de la meseta hacia la portadora de sonido, conviene que la curva de respuesta caiga bruscamente con el fin de que la portadora de sonido no sea amplificada demasiado. Si esto ocurriera se produciría una nota de «batido» de 1.400 kc/s (fig. 20) —correspondiente a la conversión de frecuencia por heterodinaje,

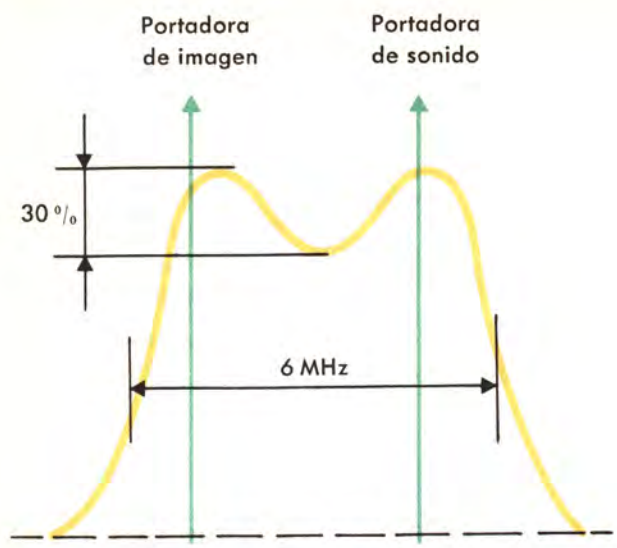


Figura 15. — Curva de respuesta típica en RF de un receptor de TV en blanco y negro. En la práctica se admiten variaciones de amplitud de hasta un 30 % dentro de la banda que comprende las portadoras de sonido e imagen.

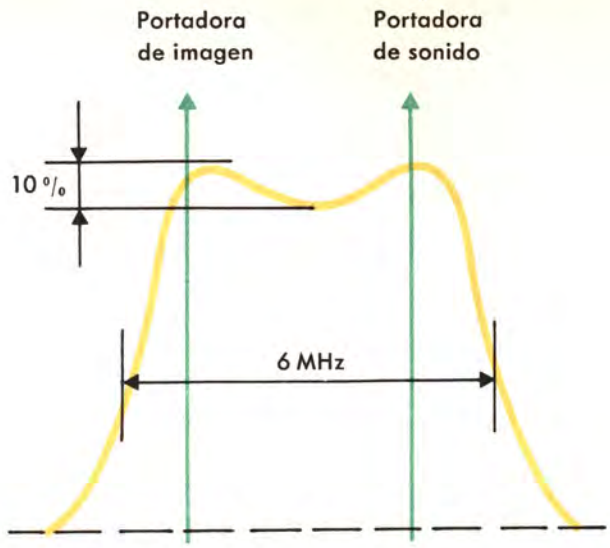


Figura 16. — Curva de respuesta en RF de un receptor de TV en color, en la que sólo se admite un 10 % de variación de amplitud.

o batido, entre las frecuencias de la portadora de sonido y la subportadora de color— en el detector de video que aparecerá en forma de interferencia en la pantalla del tubo de imagen.

Por otra parte, la atenuación de la señal de sonido es necesaria porque una tensión excesiva de sonido en el detector producirá una imagen de grano fino de 5,5 Mc o barras de sonido o ambas a la vez en la pantalla del televisor. Si bien esta precaución ya se aplica en TV de blanco y negro, debe respetarse aún más en TV-Color; al contrario, la interferencia de *batido* antes enumerada sólo se produce en TV-Color.

Las etapas de FI de los receptores de TV-Color utilizan los mismos métodos de acoplamiento que los televisores en blanco y negro, aunque las trampas o filtros deben calcularse con mucho detalle y ajustarse cuidadosamente ya que si nos fijamos nuevamente en la figura 20, veremos que la subportadora de color está situada en la parte plana de la curva de respuesta del amplificador de FI, distando 4,10 MHz de la portadora de video (3,58 MHz en el sistema americano). En efecto, el proyecto y ajuste de los circuitos sintonizados es muy crítico porque si alguna de las bandas laterales o varias de ellas de la subportadora de color quedaran situadas en la parte no plana de una curva de respuesta, se producirían distorsiones de color o una supresión parcial de las bandas laterales de la subportadora originando con ello la reproducción de colores distintos de los originales y la pérdida de definición. Y démonos cuenta que el límite de la banda lateral de la subportadora de color es ya muy próximo a la portadora de sonido, la cual debe atenuarse fuertemente lo que exige un proyecto y calibración muy cuidadosos.

En cambio, en los televisores monocromáticos, la restricción de la banda pasante sólo daría lugar a una cierta pérdida de definición de la imagen.

LA DEMODULACION

En toda la descripción que hemos efectuado del amplificador de FI nos hemos detenido continuamente en el detector de video que siempre hemos querido representar por un diodo semiconductor.

La función básica de este detector es la misma que desempeña el detector en un radiorreceptor de amplitud modulada AM; es decir, extrae la envolvente de modulación de la señal de FI (fig. 21).

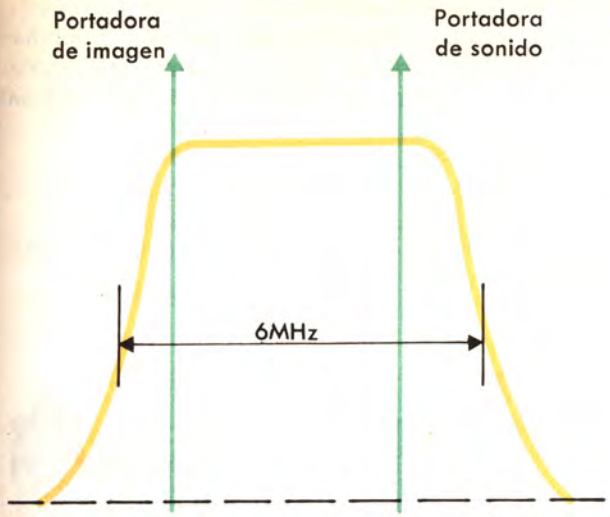


Figura 17. — Curva de respuesta respondiendo a una condición ideal de sin variación alguna en la amplitud de la señal en la zona que comprende las portadoras de imagen y sonido.

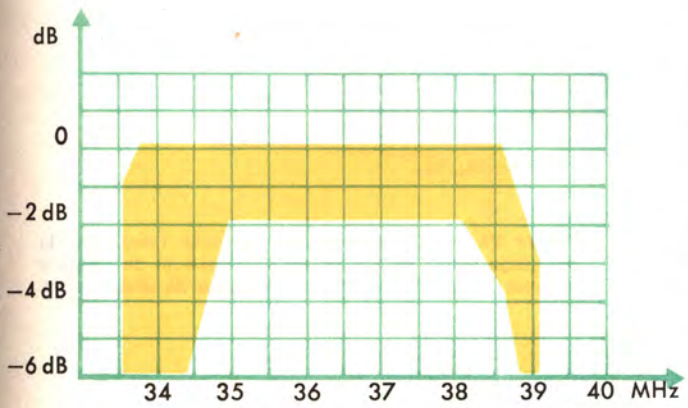


Figura 18. — Curva de respuesta de un amplificador de FI según el standard CCIR

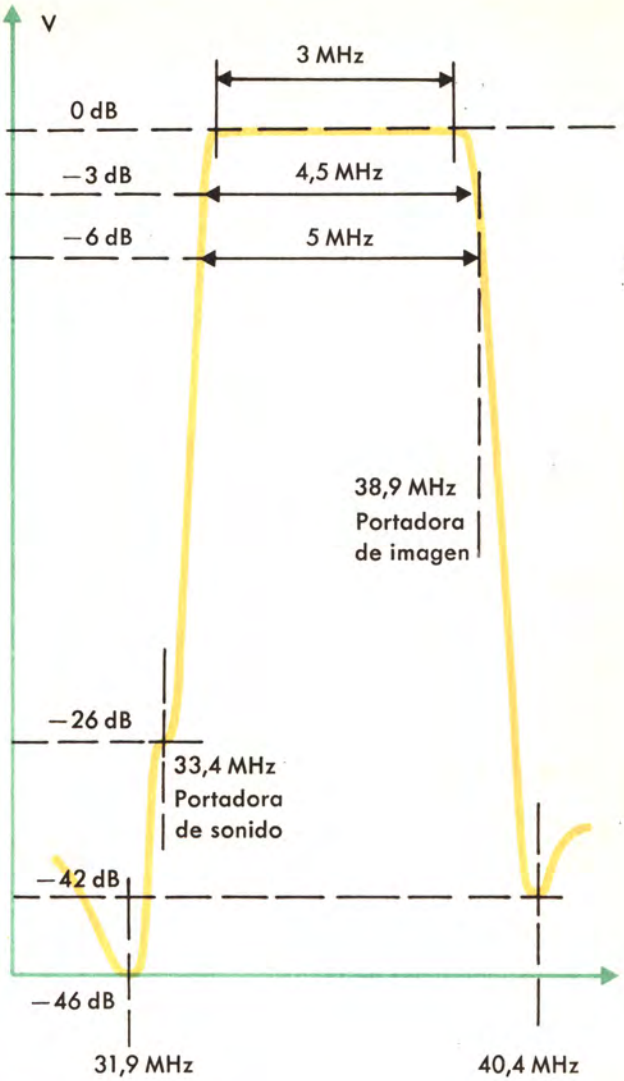


Figura 19. — Tolerancia admitida en amplitud del amplificador de FI según el standard CCIR.

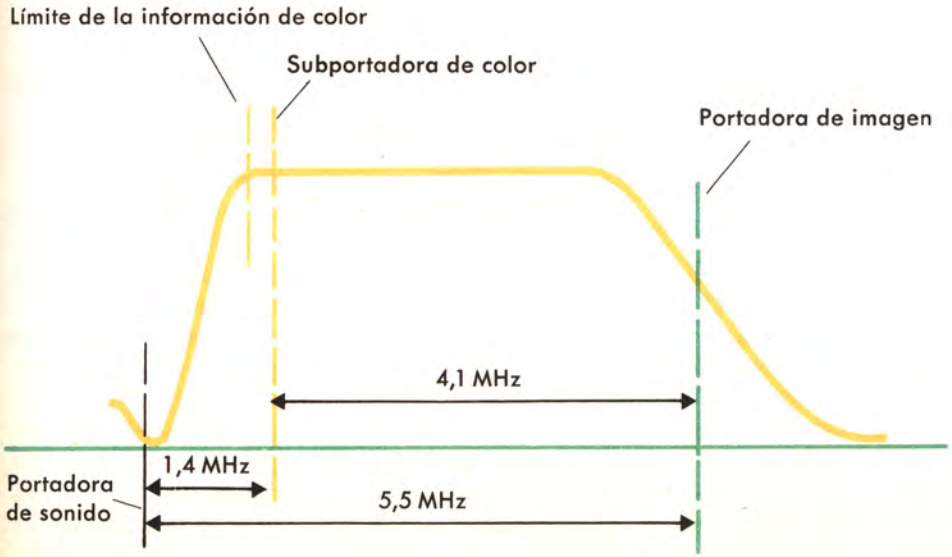


Figura 20. — Curva de respuesta típica de un amplificador de FI para TV-Color.

Una segunda función de este diodo, en su circuito, es la de conversor de frecuencia, según la cual se extrae la FI de sonido.

Y dentro de su primera función básica de detector se extraen las señales de video, sincronismo y borrado que constituyen la señal compuesta de TV y, en los receptores de TV-Color, las señales de sincronismo de color, luminancia e informaciones de color que también están incluidas en la compleja señal de TV.

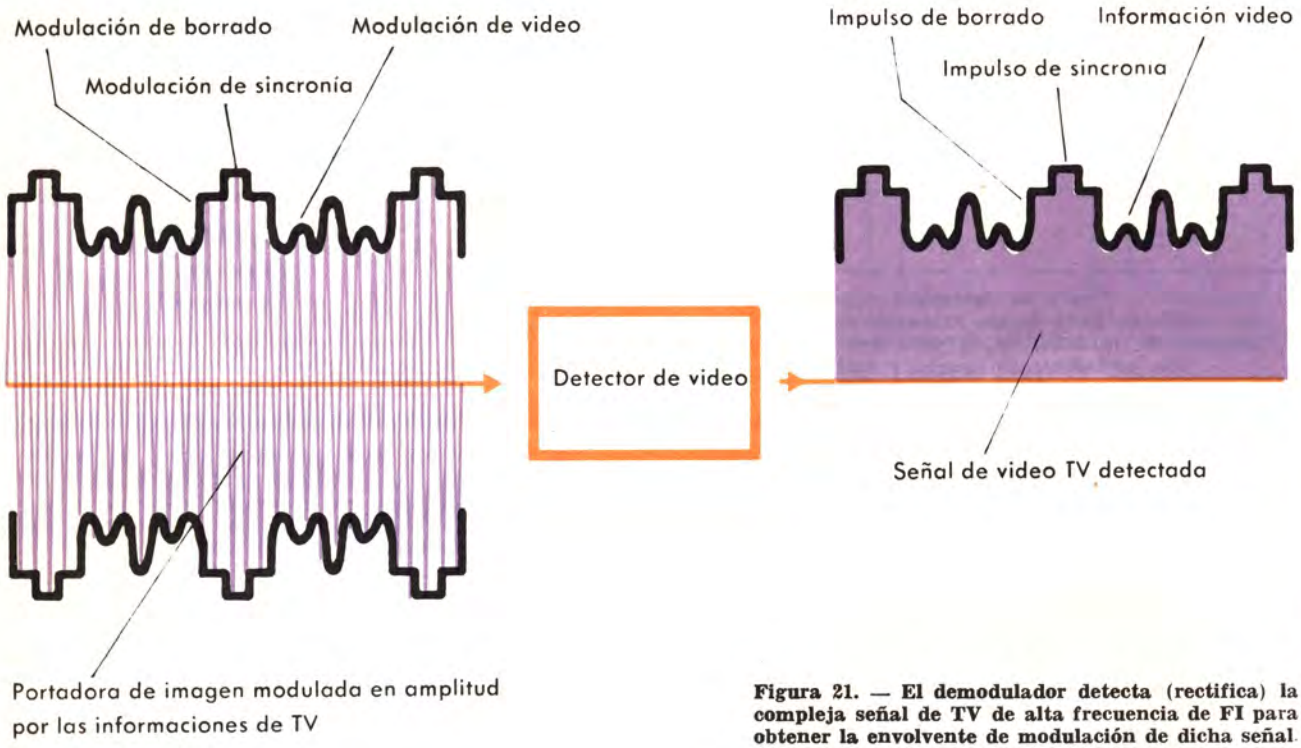


Figura 21. — El demodulador detecta (rectifica) la compleja señal de TV de alta frecuencia de FI para obtener la envolvente de modulación de dicha señal.

LA DETECCION DE VIDEO

Si bien el detector de video es un detector de AM al igual que en los receptores de radio —y por ello no nos extenderemos en el detalle de la rectificación en ella misma—, existen ciertos requisitos especiales que deben satisfacerse en el detector de video de TV, a saber:

1.° La elevada frecuencia de la FI de video —de 20 a 50 MHz— exige la utilización de componentes electrónicos aptos para su trabajo a estas frecuencias.

2.° La amplia gama de frecuencias que modulan la portadora de imagen —y por tanto la FI de video— varían entre 20 Hz y 4 MHz, lo cual ya nos indica que el detector debe responder linealmente dentro de este amplio margen (cuando en un radiorreceptor basta con que rectifique linealmente entre 20 Hz y 20 kHz).

En consecuencia todo detector de video debe poseer los elementos siguientes:

— Diodo de muy baja capacidad interna.
— Filtro y sistema de compensación para las frecuencias altas de la portadora.
— Resistencia de carga de valor bajo.

La figura 23 nos ayudará a comprender la necesidad de estos elementos y la demodulación en ella misma. El diodo recibe la señal alterna de alta frecuencia de la FI y la rectifica, según veremos en la figura 22, entregando a su salida una corriente pulsante con diferentes valores de cresta correspondientes a la modulación de la señal de TV.

Para esta rectificación podría usarse una válvula diodo adecuada de capacidades interelectródicas muy bajas; sin embargo, es preferible utilizar un diodo semiconductor de germanio ya que

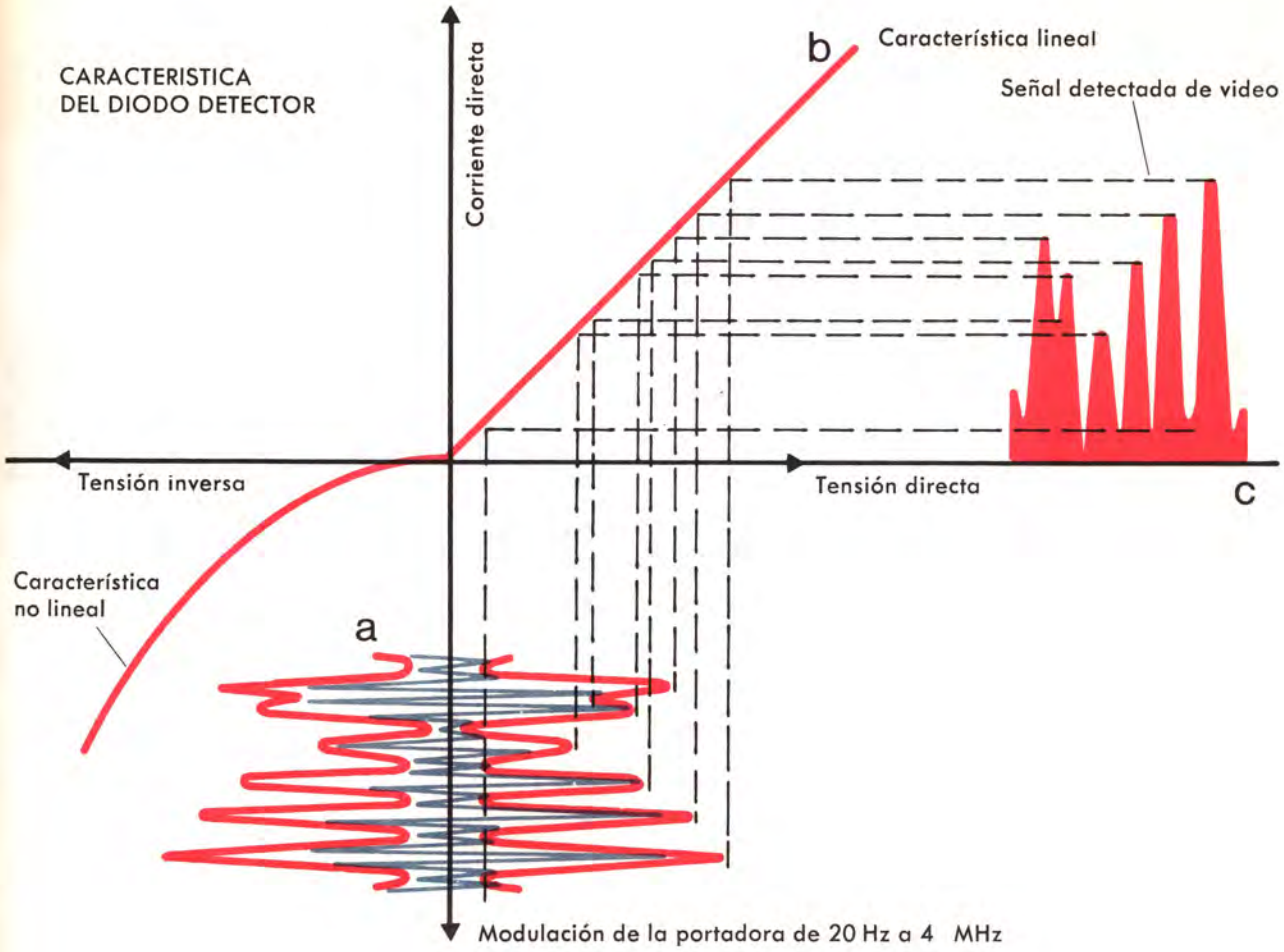


Figura 22. — Detección por diodo de la frecuencia intermedia de video (a). Obsérvese que si el diodo rectificador no poseyera una característica (b) lineal en todo el gran margen de frecuencias de modulación se producirían distorsiones de imagen al deformarse la envolvente de modulación detectada (c).

es de tamaño mucho más reducido, no necesita ningún filamento a calentar y posee una capacidad interna prácticamente despreciable, y existen tipos que pueden trabajar hasta 1000 MHz con respuesta lineal, lo que les hace muy adecuados para el detector de banda ancha (20 Hz a 4 MHz) con que se trabaja en la FI de video TV.

La corriente pulsante entregada por el diodo rectificador es filtrada en una red para rechazar la componente de frecuencias intermedias, proporcionando una corriente directa variable correspondiente a la envolvente de modulación. En un radiorreceptor, esta red de filtro es muy sencilla ya que consta generalmente de un solo condensador de unos 250 pF, suficiente para desviar la componente de RF; en TV es necesario prever una bobina de baja inductancia y un condensador de baja capacidad con el fin de proveer en la primera un camino fácil (con poca atenuación de la señal detectada de video— y en el segundo un camino fácil a la componente RF de la FI.

Dentro del sistema de filtro es necesario prever una *red de compensación para frecuencias altas* ya que, teniendo en cuenta el sistema de banda ancha con que se trabaja (20 Hz a 4 MHz), se pueden producir fugas de la componente de alta frecuencia de la señal de modulación a través de las capacidades parásitas, que se forman en las diversas conexiones con respecto a tierra a pesar de todas las precauciones posibles de tomar. Esta compensación se logra utilizando las llamadas *bobinas de pico* conectadas en serie o en paralelo con el sistema rectificador.

Finalmente, a la salida del demodulador se pre-

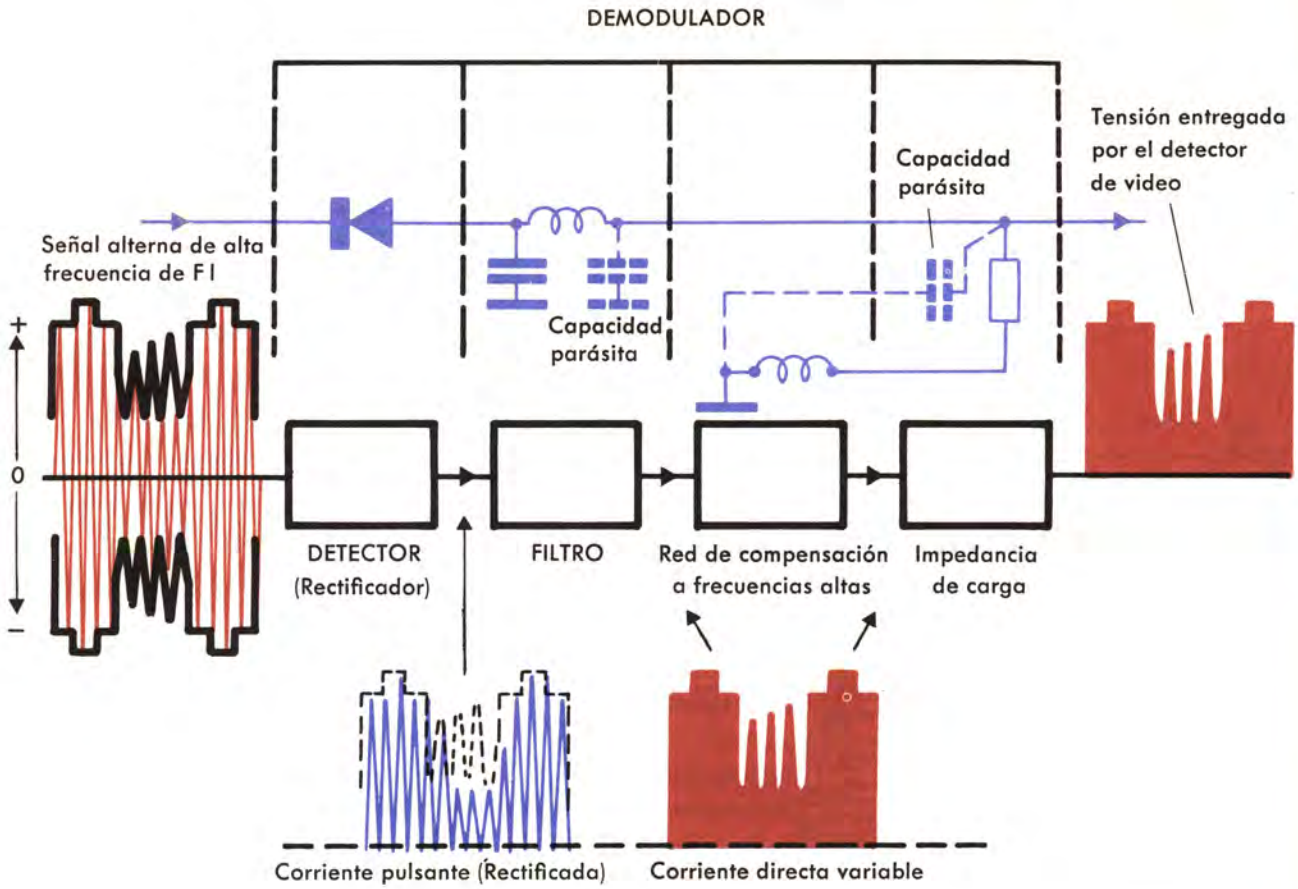


Figura 23. — Constitución y funciones básicas del demodulador de video.

vé la necesaria resistencia de carga con el fin de transformar las variaciones de tensión, debidas a las correspondientes caídas de tensión en la resistencia al ser recorrida ésta por la corriente variable rectificada. En realidad la carga es una impedancia y no una resistencia debido a las capacidades parásitas del dispositivo a las frecuencias elevadas con que se trabaja.

Conviene observar que la señal de video, después de amplificada puede aplicarse indistintamente a la rejilla o al cátodo del tubo de imagen y tan sólo cabe tener en cuenta la polaridad del diodo detector según el sistema amplificador de video que se utilice.

En un principio el detector se aplica tal como indica la figura 24. Las bobinas de pico tienen por objeto eliminar los restos de RF de las frecuencias portadoras.

Recordemos que la corriente que se obtiene de la detección está compuesta primero de una componente continua y luego por una pulsativa. La corriente continua, al atravesar la resistencia de carga R, crea en ella una caída de tensión continua de polaridad, según queda representada en la figura; es lógico que, cuanto más alta es la señal de entrada en la antena del receptor, mayor será la tensión negativa respecto a masa. El valor de esta tensión aumenta y disminuye con la señal a detectar aplicada al diodo.

Por lo tanto, nos podrá servir para controlar la polarización de las rejillas de mando de uno o más pasos de amplificación de FI con válvulas. Aquí vemos ya la primera aplicación del control automático de ganancia CAG. Debemos recordar de paso, que las válvulas que se utilizan en FI son de pendiente variable y su amplificación disminuye cuando aumenta la tensión de polarización de rejilla y viceversa.

Este es un principio de aplicación del CAG poco usado en los televisores actuales, porque tiene el inconveniente de seguir también el ritmo de la señal de video y poseer una constante de tiempo RC bastante alta, lo que impide que pueda seguir las variaciones rápidas de la señal

de antena; en cambio, tiene la ventaja de ser insensible a los ruidos parásitos que se sobreponen a la señal.

Más adelante, en el estudio de los circuitos del CAG veremos con más extensión estos particulares.

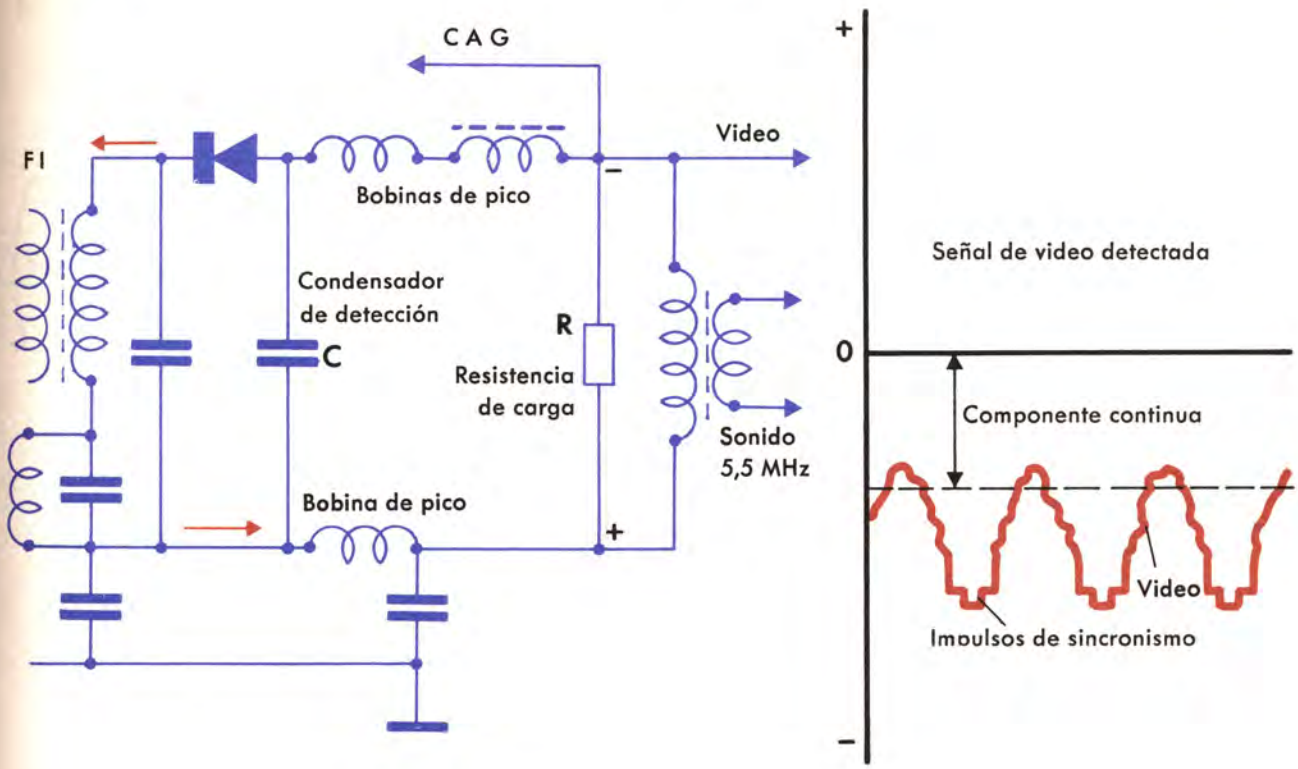


Figura 24. — Demodulación de la señal de TV por detección con diodo semiconductor. Señal de video entregada por el demodulador.

LA CONVERSION DE LA SEÑAL DE SONIDO

Hemos indicado que la demodulación consiste básicamente en detectar la señal de video —de la que se extraen diversas informaciones— y extraer la señal de FI sonido por conversión de frecuencias en el mismo diodo detector.

En efecto, téngase en cuenta que una de las formas de efectuar la conversión de frecuencia consiste en mezclar dos osciladores de frecuencia diferente para formar una oscilación compuesta, con la cual al ser rectificada se obtiene una frecuencia heterodina que es la resta de las dos originarias.

En el televisor «intercarrier» con standard CCIR, dicha señal de 5,5 MHz lleva el sonido modulado en frecuencia y pasa seguidamente al amplificador de FI de sonido y luego al detector de sonido que excita el amplificador de audiofrecuencia para la reproducción del sonido en altavoz (fig. 25).

Si recordamos que en el sistema CCIR, la portadora de video se modula en amplitud (AM) y la de sonido se modula en frecuencia (FM), veremos que puede utilizarse un mismo y simple diodo detector de germanio aprovechando el codo no lineal de su característica de trabajo (este codo es suficiente si recordamos que el canal de sonido ha sido atenuado con relación al de video). La presencia en el mismo elemento de las dos señales de distinta frecuencia da lugar a la salida del detector a una señal compuesta de frecuencia distinta que es la resultante del *batido* de las dos portadoras de FI de 38,9 MHz (video) y 33,4 MHz (sonido).

38,9 — 33,4 = 5,5 MHz (en el sistema CCIR).

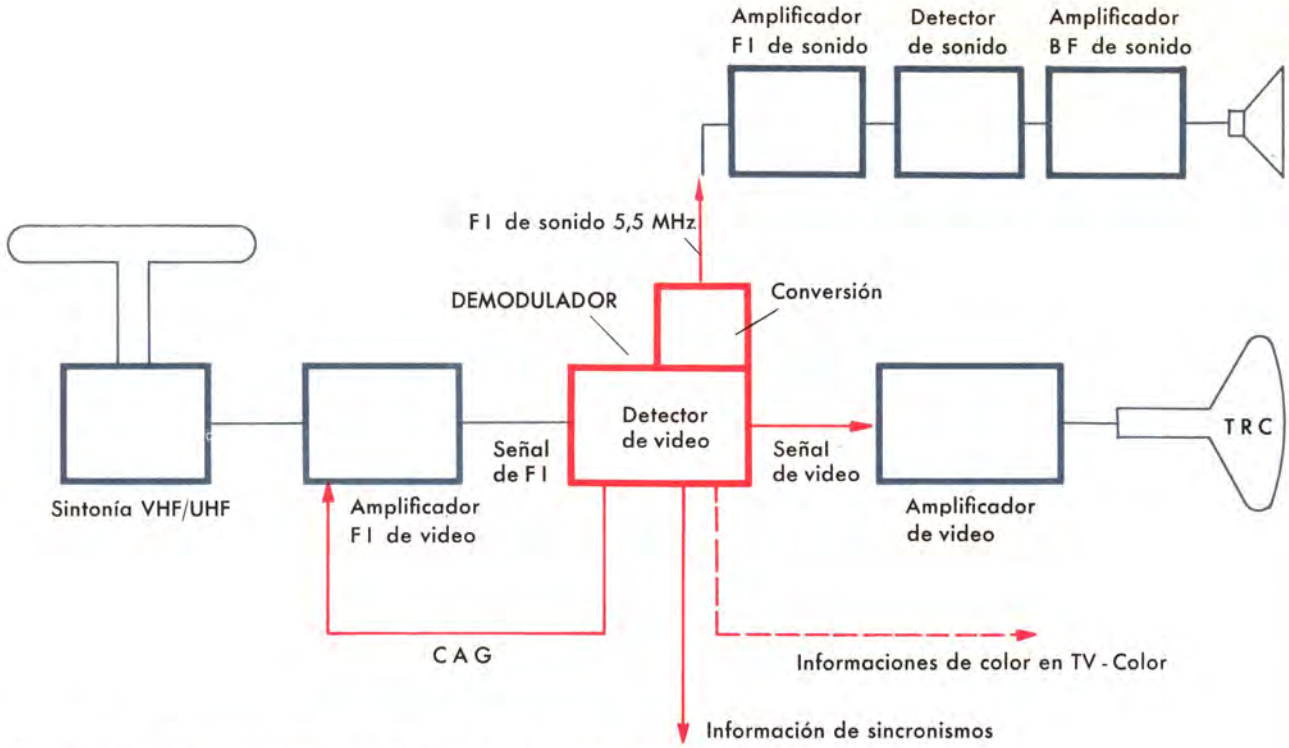


Figura 25. — Representación simbólica de la demodulación en un televisor intercarrier CCIR.

En algunos televisores, la señal de 5,5 MHz del sonido se extrae a la salida del amplificador de video (fig. 26) con el fin de disponer de una mayor amplitud aprovechando la amplificación del video, aunque entonces se corre el riesgo de que se introduzca interferencia de los impulsos de sincronía vertical en el sonido, lo cual se traduce por un zumbido molesto en el altavoz, salvo que se provean las correspondientes trampas por circuitos perfectamente sintonizados. Este método se utiliza frecuentemente en los televisores transistorizados (figs. 27 y 28) en los que se busca la máxima amplificación con el menor número de etapas excediendo a las necesarias en los circuitos con válvulas.

Una variante con dos diodos y circuitos independientes para el sonido y video puede realizarse según el esquema de la figura 29 usado en receptores de mucha selección, como en los de TV-Color. En este caso el CAG va acoplado al primer paso amplificador de video.

En los receptores de TV-Color se utilizan sistemas de detección-conversión separados como el de la figura 29 con el fin de evitar cualquier interacción entre la subportadora de color y la portadora de sonido que podría producir por mezcla una nota de batido.

En ellos se extrae la señal de sonido en la placa de la última válvula amplificadora de FI y por medio de un diodo de germanio se produce el heterodinaje con la frecuencia portadora de video, obteniendo los 5,5 MHz de la FI de sonido; en este caso, a la salida de la última válvula de FI video, sólo continúan las subportadoras monocromática y del color hasta el detector de video donde son demoduladas.

Obtenida la FI de sonido, modulada en frecuencia de 5,5 MHz, basta aplicarla a la cadena de sonido que estudiaremos en la lección próxima. Aquí señalaremos únicamente que no está exenta de posibles variaciones de amplitud, producidas por la señal de video en el momento del batido de frecuencias, lo que obliga a tener que introducir un «paso limitador» que veremos con detalle al explicar la amplificación de sonido.

Hasta aquí, de la demodulación hemos obtenido pues la envolvente señal de video y la FI de sonido en FM, cada una de las cuales se aplicarán a sus amplificadores respectivos. No obstante, la señal detectada de video contiene en sí misma diversas informaciones que se extraen a veces en la misma entrada del amplificador de video y otras dentro del amplificador o incluso a su salida.

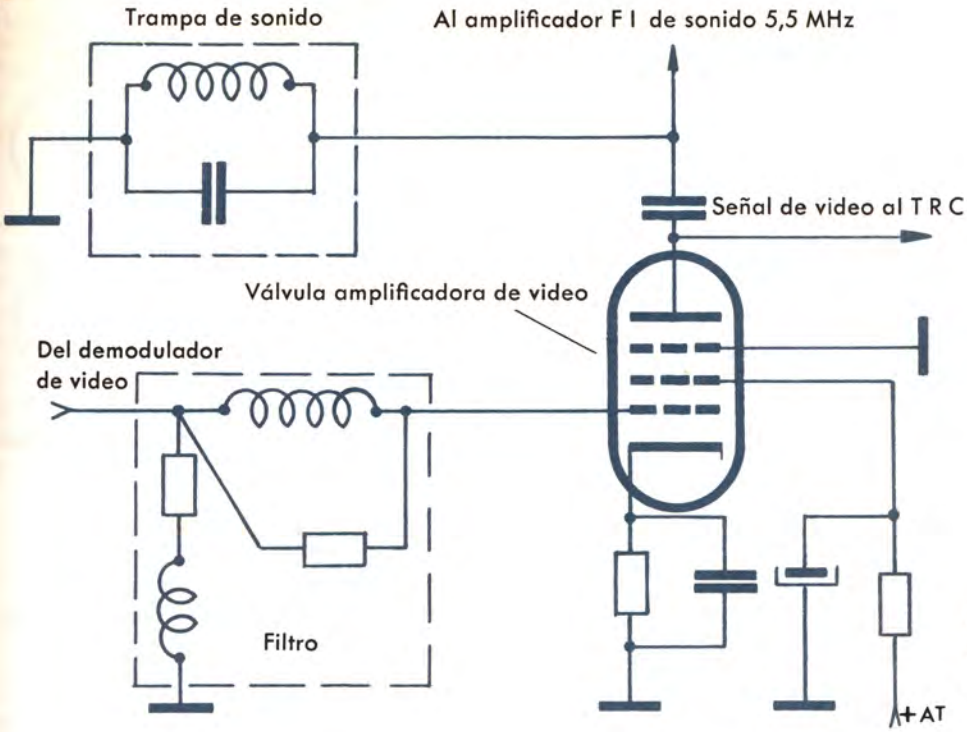


Figura 26. — Separación de la información de sonido a la salida de la válvula amplificadora de video.

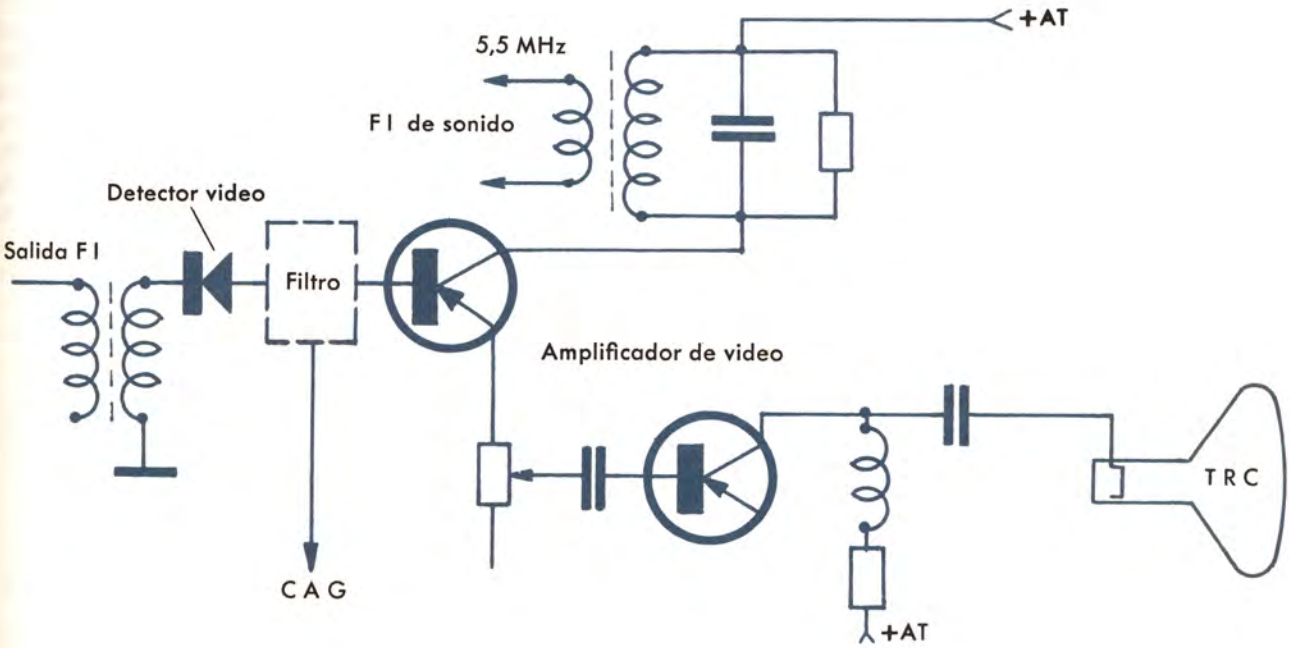


Figura 27. — Separación de la información de sonido por transformador a la salida del preamplificador de video del televisor transistorizado "Matsushita".

Estas informaciones son las referentes a los sincronismos y las correspondientes al color en los receptores de este tipo (sincronismos de color, bandas de la subportadora de color y luminancia).

Es decir, la de modulación permite la sepa-

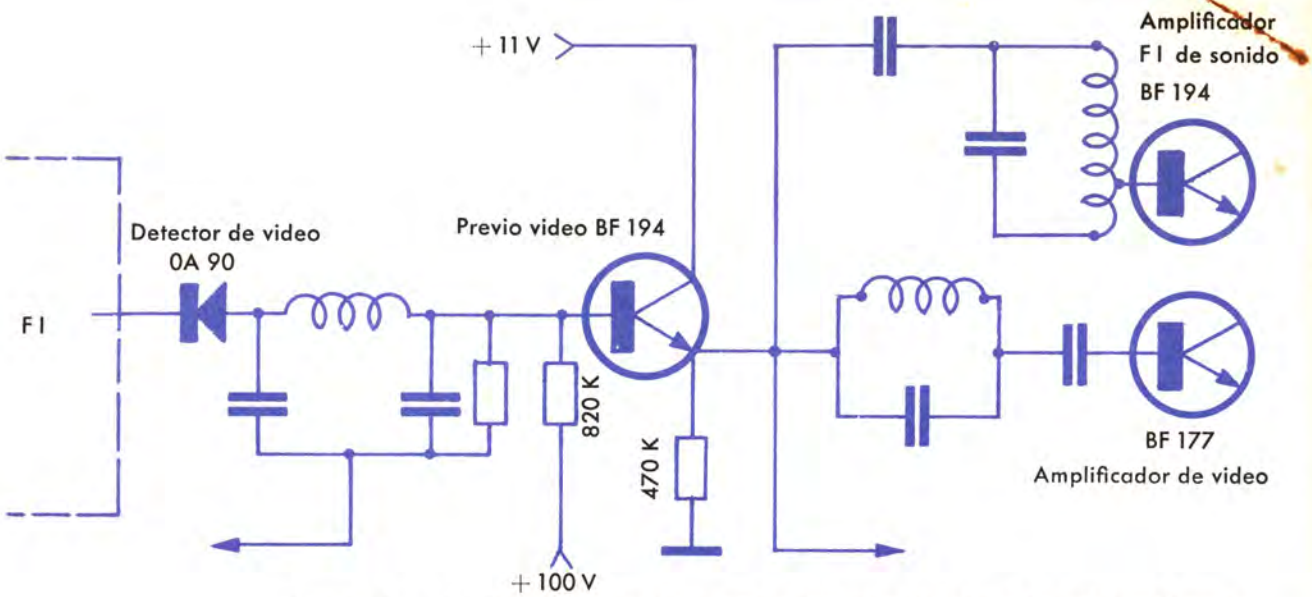
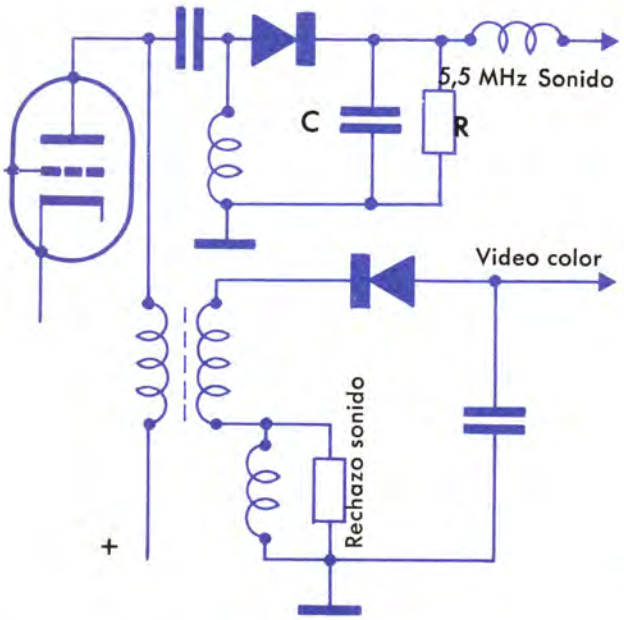


Figura 28. — Separación de la información de sonido también a la salida del previo de video en un circuito Huguet-Miniwatt.



ración en el mismo detector o en los pasos inmediatos de toda una serie de informaciones que se irán recogiendo en el inicio del estudio de las etapas siguientes; la correlación entre estas informaciones en el demodulador nos aconseja recordar y analizar la composición de la propia señal de video que se detecta, en la que van englobados datos muy particulares e indispensables para una buena recepción, para lo cual no debe producirse pues ninguna deformación, y de ella deben extraerse los impulsos de sincronismo que lleva consigo la información de video, sin que pueda existir influencia alguna entre éstos y aquéllos.

Figura 29. — Demodulación con doble detección por diodos para separar las informaciones de sonido de las de video en un televisor en color.

ANALISIS DE LA SEÑAL DE TV

En las lecciones precedentes sólo nos hemos preocupado de las frecuencias portadoras de imagen y de sonido, en encajarlas correctamente hacia su amplificación en RF y FI, sin mencionar para nada la información de la señal modulada, que lleva cada una de ellas. La de sonido, ya nos es conocida desde las lecciones de radio en FM y sólo es cuestión aquí de separarla convenientemente de la otra, para luego amplificarla y detectarla de forma que nos sea fácil trazar el camino hacia el altavoz. En cambio, la de video, es hasta aquí desconocida, bajo la forma que nos llega el detector, y por ser bastante complicada, examinemos su composición y recordemos de una forma breve su forma de onda, tal como la vimos al iniciar la descripción de los fundamentos de la TV.

Es sabido que la señal que recibe el tubo de

imagen debe estar sincronizada con la señal que emite la emisora de TV, para que coincidan en todo momento los impulsos que nos deben fijar la imagen. Esta sincronización de datos es producida por medio de impulsos, los cuales nos deben dar información para la sincronización horizontal y la sincronización vertical. Para la horizontal, podemos decir en términos generales que es el instante mismo en que el punto luminoso, en la pantalla, empieza su trazo en cada línea. Cuando este punto termina de barrer todo el cuadro con las 625 líneas, debe retornar al punto de origen y repetir así el ciclo de barrido. La información que nos da el sincronismo vertical es el que hace retornar el punto luminoso a su lugar de origen, cuando ha barrido todo el cuadro.

Concretamos pues que la portadora de video es la que lleva, además de la imagen, todas estas informaciones dadas por medio de impulsos sincronizados que son indispensables de conocer con precisión, para situar la recepción en los mismos instantes sincrónicos en que se produce la emisión. Si esta sincronización no se produce a la perfección, la recepción de la imagen es defectuosa o ni siquiera se produce.

Para conseguir pues una comprensión correcta de la señal de video, en TV monocromática, debemos considerarla dividida en tres partes, a saber: señal de video propiamente dicha que nos da el blanco y el negro para la reproducción de la imagen; los impulsos de sincronismo horizontal; y finalmente los impulsos de sincronismo vertical.

IMPULSOS DE SINCRONISMO

Hemos dicho que los impulsos de sincronismo que trae consigo la portadora de video son los que nos dan la sincronización de las líneas de barrido horizontal y vertical en la pantalla, y con ellos un medio para producir el barrido interlineado, es decir, los impulsos de sincronismo se componen precisamente de dos componentes llamados también sincronismo de línea y de cuadro, los cuales debemos separar convenientemente para enviarlos a sus correspondientes generadores de análisis, sobre los cuales trataremos con mayor detalle en lecciones siguientes.

De momento nos conviene descifrar cómo son estos impulsos sincronizadores y cómo están incluidos en la portadora de video.

Según la norma CCIR, el número de imágenes por segundo ha sido fijado de tal forma que evite el centelleo de la visión, tal como se hace en el cine con el número de imágenes por segundo. Este número se ha establecido en 25 imágenes por segundo, cuyo valor está ligado muy particularmente a los 50 Hz de la red de alimentación.

Así los impulsos de sincronismo de la imagen para un barrido de 625 líneas deben ser puestos a una frecuencia de:

$$625 \text{ líneas por imagen} \times 25 \text{ imágenes por segundo} = 15625 \text{ Hz}$$

la duración de un período será, por tanto, de:

$$\frac{1}{15625} = 0{,}000064 \text{ de segundo}$$

o bien 64 μs (microsegundos) o sea el tiempo que toma un ciclo de barrido horizontal, o sea de un cuadro.

Un ciclo de imagen completo dura pues:

$$625 \text{ líneas} \times 64\ \mu\text{s por línea} = 40000\ \mu\text{s} = 40 \text{ ms (milisegundos)}$$

la cantidad de cuadros por segundo será así:

$$\frac{2}{0{,}040} = 50 \text{ cuadros}$$

(o sea una frecuencia de 50 Hz)

y la duración de un cuadro de 0,020 s o sea 20 ms. Lo que representa 2 cuadros por imagen. Los impulsos de sincronismo, tanto de línea como de cuadro, consisten en un aumento brusco de la amplitud teóricamente en forma rectangular, desde un valor de 75 % al 100 %. Es decir, se toma como nivel de los impulsos el 100 % de la amplitud; el nivel del negro el 75 %; y el nivel del blanco el 10 %.

Para los de cuadro la duración es sólo del 42 % del ciclo de línea o sea:

$$\frac{64 \times 42}{100} = 26{,}88\ \mu\text{s}$$

y el retorno al nivel negro entre cada impulso equivale al 8 %, o sea:

$$\frac{64 \times 8}{100} = 5{,}12\ \mu s$$

la duración del ciclo de línea es tan sólo del 9 % y equivale a:

$$\frac{64 \times 9}{100} = 5{,}76\ \mu s$$

Todos estos tiempos nos han de servir de base para fijar exactamente (de una forma gráfica) la información de video, de la que debemos valernos para describir los generadores de análisis.

INFORMACION DE SINCRONISMOS

Para comprender mejor cómo se comportan estas señales de sincronismo nos bastará una representación gráfica de la señal, tal como la encontramos en la detección de video; claro está, lo que nos proponemos representar aquí sólo es una fracción muy pequeña del ciclo, pero creemos que será más que suficiente para orientar al lector y situarse en las condiciones de comprender el mecanismo de los impulsos de sincronismo, tanto en el barrido de líneas, como del barrido de cuadro y del borrado de retorno.

En la figura 30 representamos la señal de video

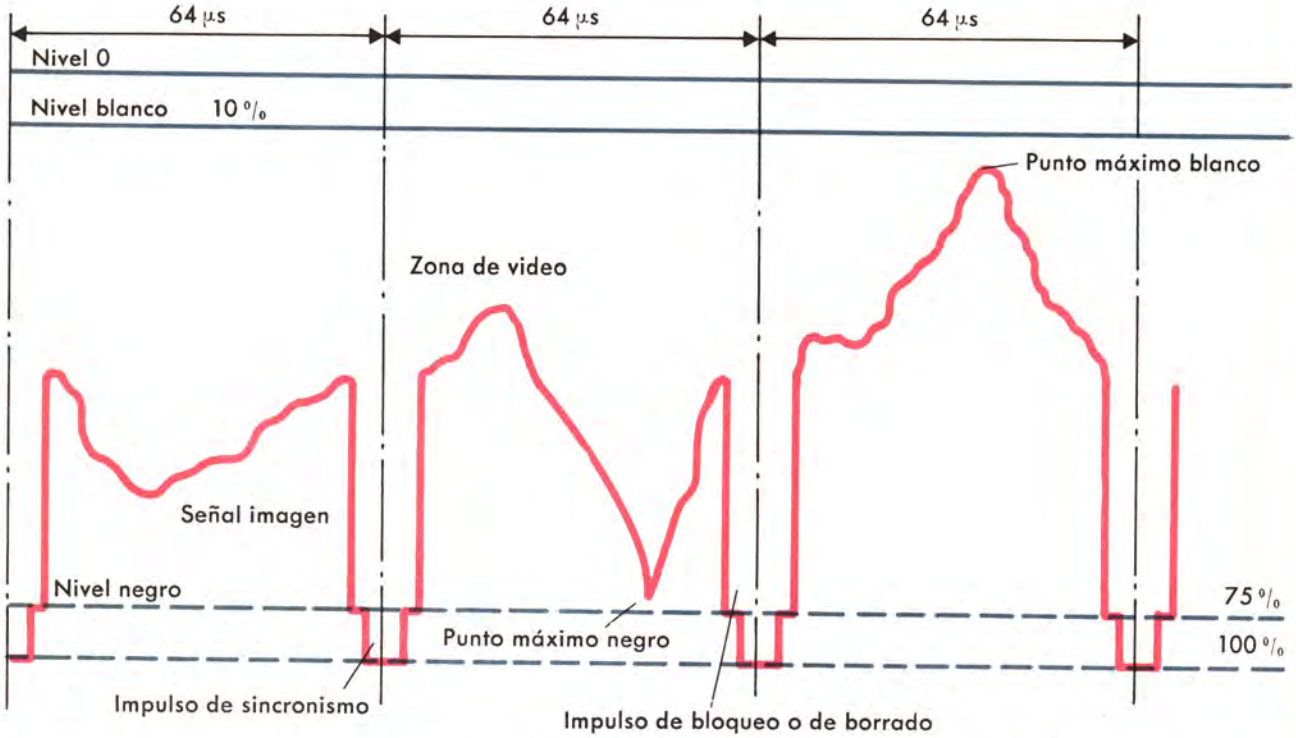


Figura 30. — Representación gráfica de la señal de video con los impulsos de sincronismo de línea.

con los impulsos de sincronismo de línea, que son como chimeneas, separadas unas de otras por el tiempo de 64 µs y a su amplitud se le concede el valor del 100 %; en cambio, su acción como impulso sólo es el 25 % puesto que el 75 % restante se emplea para los impulsos de bloqueo o de borrado del retorno de línea. Estas amplitudes se mantienen constantes en función de la señal de entrada.

Cualquiera que sea el valor de la señal de entrada siempre se le asignará el 100 %. Entre los impulsos de sincronismo está la señal de video variable que corresponde desde una amplitud establecida del 10 % como máximo de blanco y el 75 %

como máximo para el negro, dando en amplitudes intermedias los tonos grises, semi-grises y los blancos en el tubo de imagen. Debemos recordar que esta señal de video es la que normalmente se conecta a la rejilla del TRC; entonces el nivel de la señal que bloquea el pincel electrónico para darnos los tonos es comparable al de la polarización de rejilla de cualquier válvula con la cual se gobierna la amplificación o la potencia de salida. Hemos dicho antes que la señal de video se conectaba normalmente a la rejilla, pero en algunos montajes veremos que también puede conectarse al cátodo del TRC cuyo objeto es también variar la polarización. De este modo se excluye el llamado restaurador de componente continua.

Creemos muy conveniente precisar un poco más el detalle de los impulsos de sincronismo, en particular la cima y los dos lomos o mesetas que tiene el impulso. En la figura 31 presentamos los detalles de los tiempos que se han fijado para las distintas operaciones. La forma de onda de tensión resultante, destinada al barrido, es el llamado diente de sierra ya conocido y del que hablaremos nuevamente en lecciones siguientes.

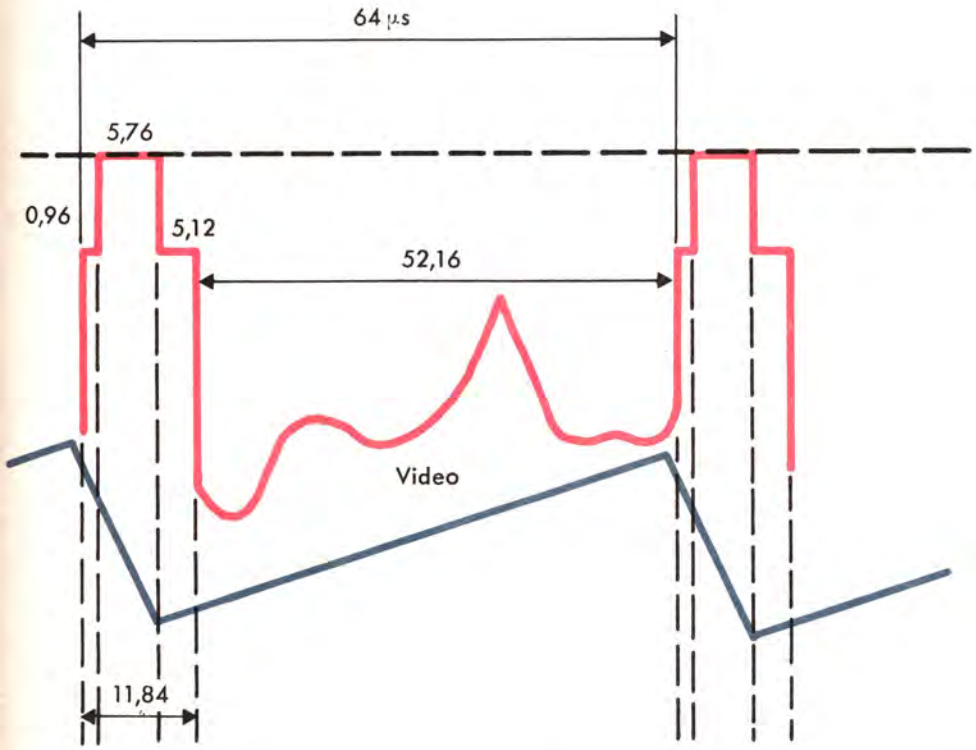


Figura 31. — Detalle de los impulsos de sincronismo de línea con los tiempos invertidos.

Como puede verse en la figura, de los 64 µs que separan los impulsos sólo se destinan 52,16 µs para el barrido activo y los restantes 11,84 µs se distribuyen según muestra la figura y destinados exclusivamente al trazado de líneas. Para el impulso de sincronismo de línea se destinan 5,76 µs, para la meseta delantera 0,96 µs y para la trasera 5,12 µs, estos últimos para el borrado de líneas.

Es decir, de los 64 µs destinados al barrido horizontal, sólo se aprovechan 52,16 µs, lo que implica que no se aprovecharán todas las 625 líneas, confundiéndose algo más de un centenar que van destinados exclusivamente a cubrir la acción del retroceso y repetición del ciclo de reproducción de imagen.

En cuanto a los impulsos de sincronismo vertical, que se representan en la figura 32 en forma gráfica aproximada, son independientes de los de sincronismo horizontal. Aquí van indicados también los tiempos de acción y los impulsos de ecualización, que tienen una frecuencia de repetición doble que los impulsos de sincronismo línea y una duración casi la mitad de éstos. Es de recordar que estos impulsos se destinan exclusivamente al retorno de cuadro y mejoran el sincronismo vertical, ya que aseguran con iguales condiciones los circuitos de sincronismo al finalizar un cuadro de líneas pares e impares.

Para separar estos impulsos de sincronismo de línea y de cuadro se emplean unos circuitos llama-

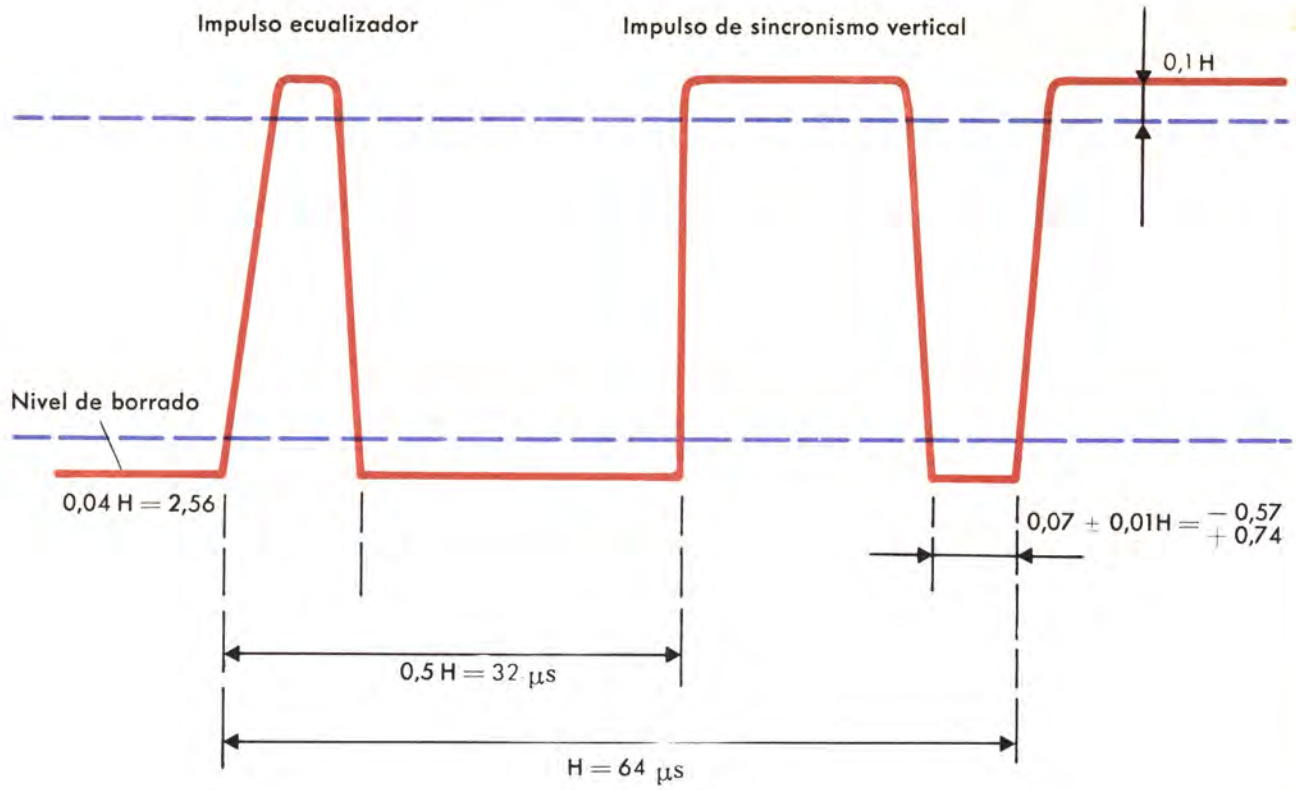


Figura 32. — Representación de los impulsos de sincronismo de cuadro.

dos «separadores» que actúan por medio de una discriminación de amplitud, sobre los cuales entraremos en detalle próximamente.

Al describir aquí la acción de las señales de video, debemos recordar la polaridad de las mismas. En la modulación de la portadora, la máxima amplitud puede corresponder a señales de video y el TRC actúa bajo la acción de sus electrodos de control en su máximo brillo («conducción») o mínimo brillo («condición de corte»). Para el primer caso se le denomina *modulación positiva* mientras que para el segundo *modulación negativa*. La modulación negativa es cuando el máximo de amplitud de la señal de video corresponde a la condición en que el cinescopio no conduce, lográndose los negros en la imagen. Esto equivale a decir que los blancos corresponden al mínimo de amplitud de la portadora. En realidad, ya hemos dicho hace unos momentos que la portadora se modula hasta un 75 % denominado «nivel negro», mientras que el 25 % restante hasta el máximo se destina a los impulsos, cuya función es la de sincronizar los generadores de barrido.

Ahora que estamos describiendo la acción de la señal de rejilla sobre el TRC no estará por demás que anticipemos algo sobre la acción de dicha señal que afecta a la imagen. Para ello sólo nos bastará trazar un gráfico con señales de video en la rejilla y ver cómo se reproducen sobre la pendiente de la característica de pantalla. La figura 33 ilustra cómo se pasa de la señal de rejilla a la corriente de pantalla con dos señales de distinta amplitud, una débil y otra fuerte y cómo responden los tonos.

Cuando la rejilla adquiera un potencial negativo, que se conoce como nivel de negro, o de bloqueo, o sea aquel que interrumpe la emisión del pincel electrónico, éste permanece constante o crecientemente negativo durante un tiempo aproximado de unos 11,84 μs y pertenece al instante de retroceso del pincel, y al de exploración de línea siguiente.

La excitación de la rejilla control del TRC en presencia de estos impulsos, excesivamente negativos, no es perjudicial, puesto que limitan su acción, precisamente en los instantes en que la pantalla queda completamente oscura. Esta interrupción de la emisión se produce durante los intervalos de retroceso, independientemente del contenido de la señal de video.

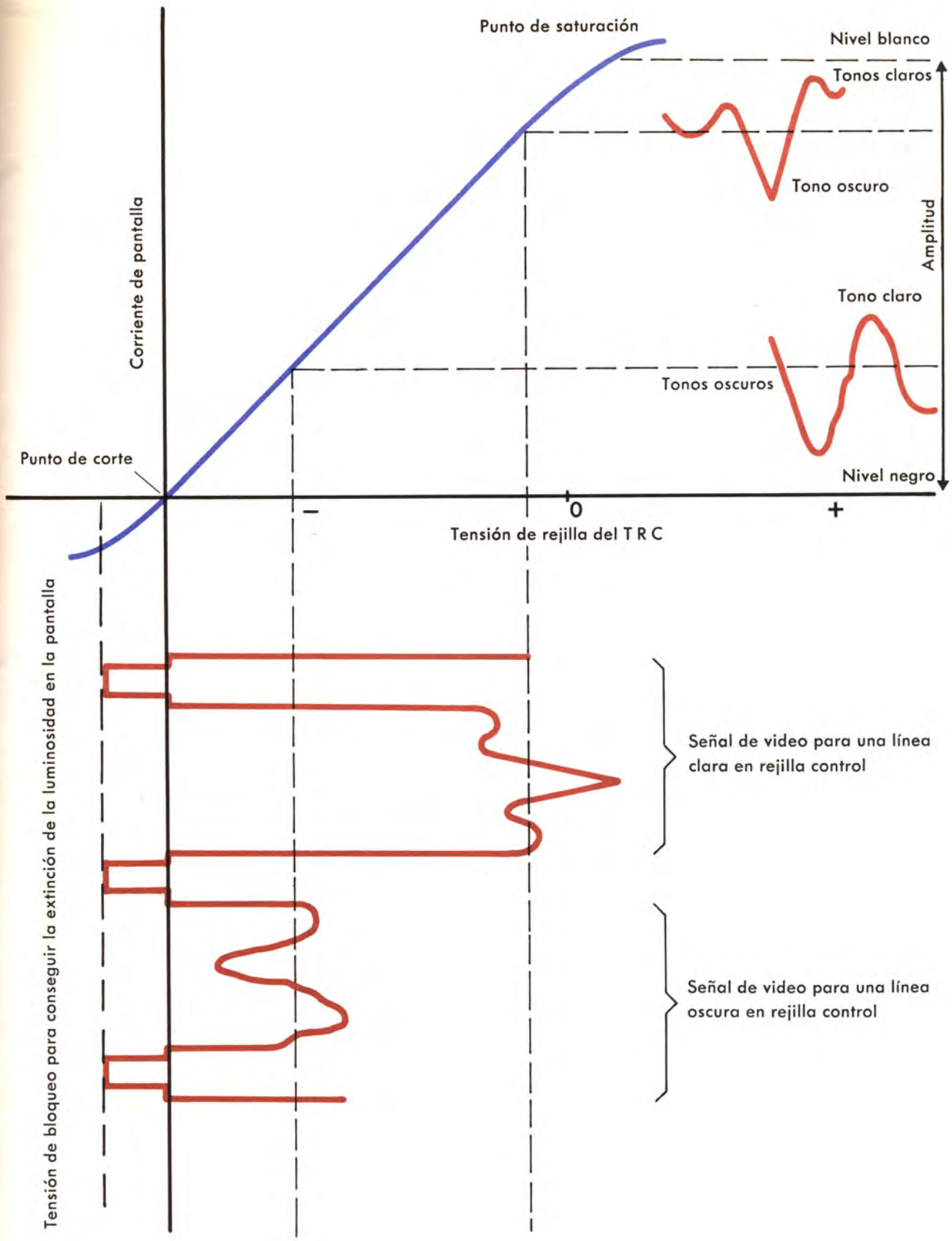

Punto de saturación
Nivel blanco
Tonos claros
Tono oscuro
Amplitud
Tono claro
Tonos oscuros
Nivel negro
Corriente de pantalla
Punto de corte
–
0
+
Tensión de rejilla del T R C
Tensión de bloqueo para conseguir la extinción de la luminosidad en la pantalla
Señal de video para una línea clara en rejilla control
Señal de video para una línea oscura en rejilla control

Figura 33.

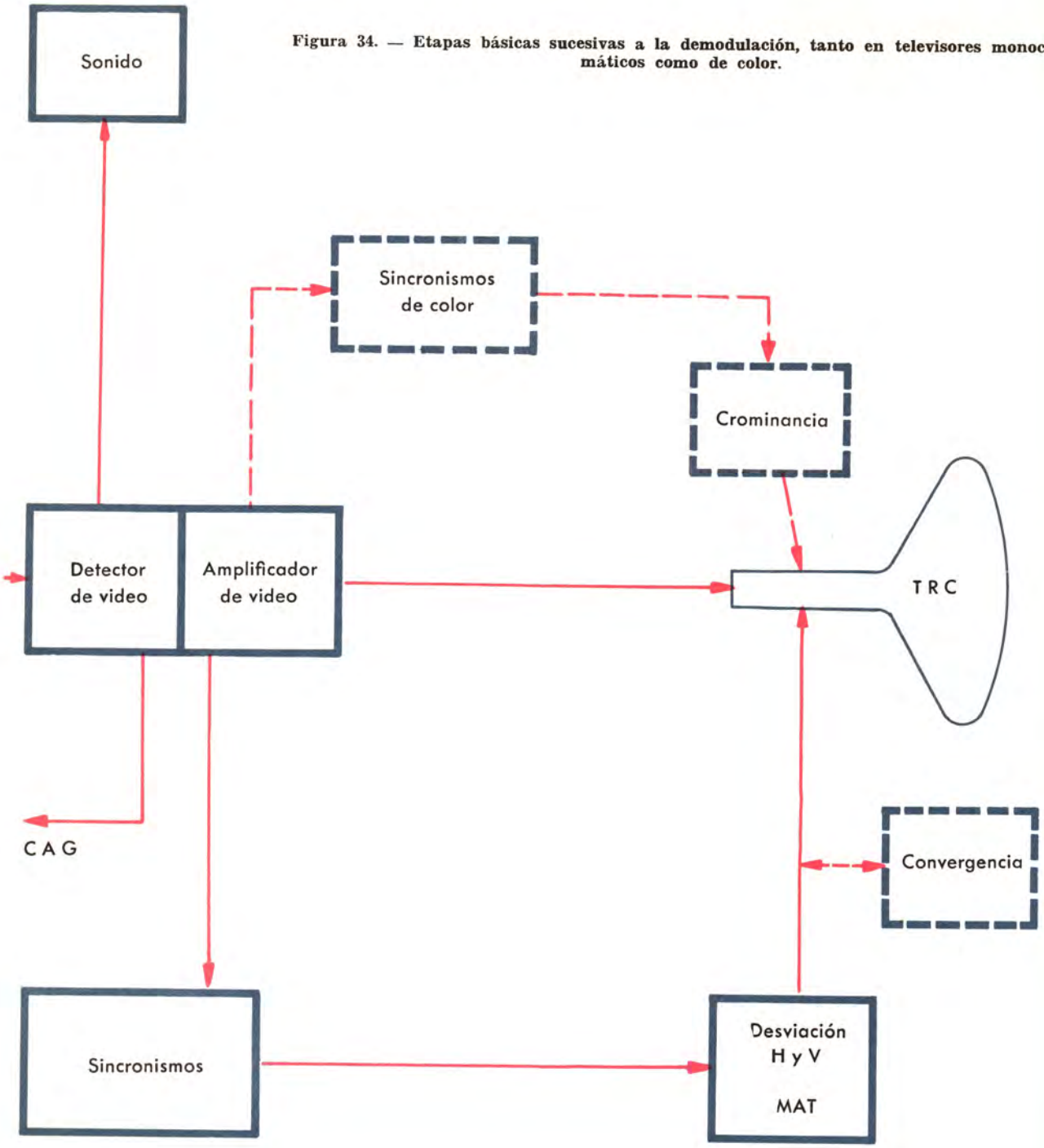
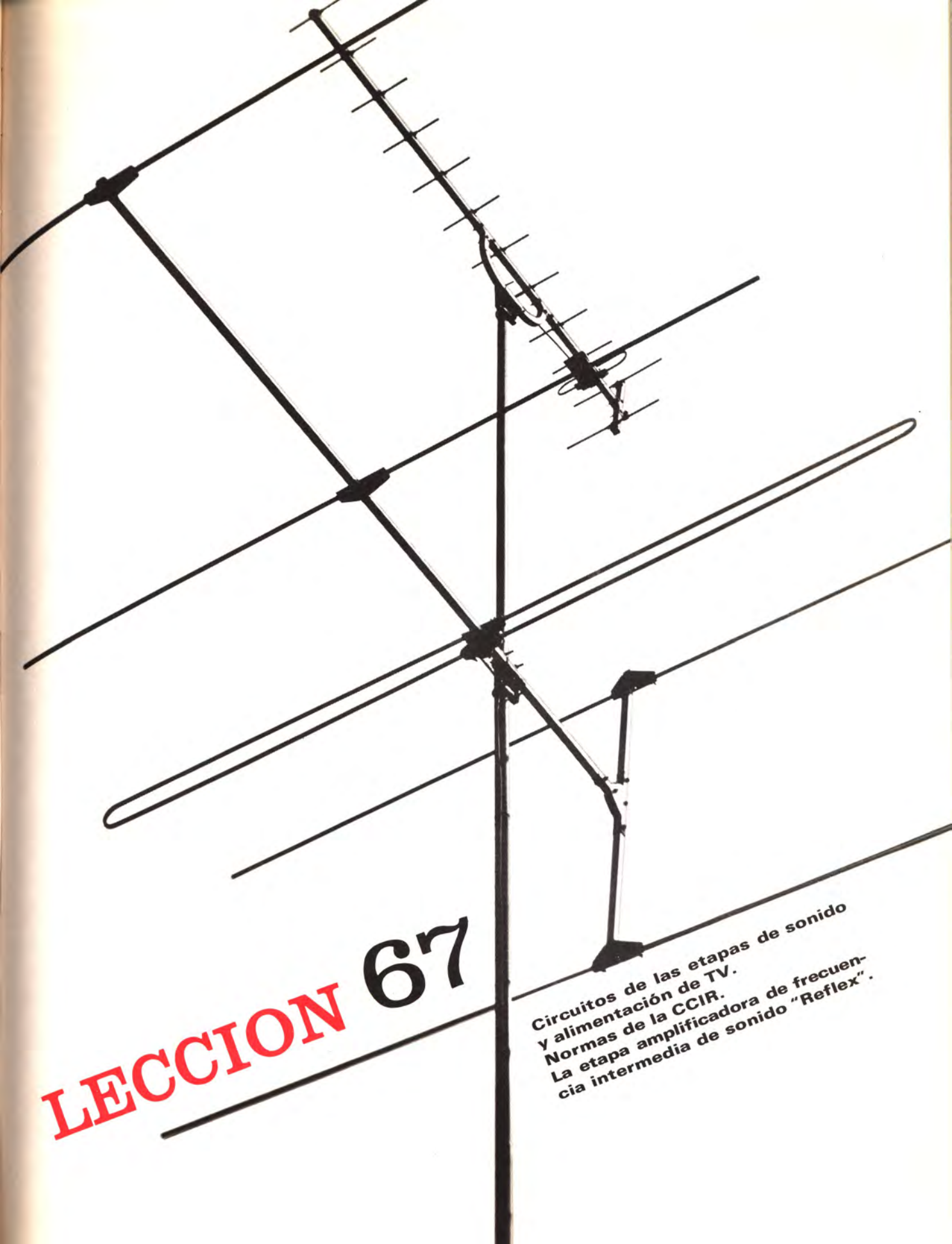


Figura 34. — Etapas básicas sucesivas a la demodulación, tanto en televisores monocromáticos como de color.

En conclusión, sabemos de las señales que obtenemos en la demodulación y, partiendo de ellas, en las próximas lecciones estudiaremos sus etapas correspondientes, a saber:

— Canal de sonido.
— Amplificador de video y canal de luminancia en TV-Color.
— CAG.
— Sincronismos.
— Sincronismos de color y etapa de crominancia en TV-Color.
— Deflexión horizontal y vertical, MAT. Convergencia en TV-Color.
— El tubo de imagen.

* * *



LECCION 67

Circuitos de las etapas de sonido y alimentación de TV.
Normas de la CCIR.
La etapa amplificadora de frecuencia intermedia de sonido "Reflex".

CIRCUITOS DE LAS ETAPAS DE SONIDO Y ALIMENTACION DE TV

LA INFORMACION CONTENIDA EN LA SEÑAL DE TV

La transmisión del sonido y la recepción del mismo, correspondiente a un programa de televisión, podría efectuarse por los sistemas clásicos de radiodifusión que ya conocemos y, por tanto, no sería necesario tratarlo en el estudio de la televisión.

Sin embargo, si pensamos que un programa de televisión debiera transmitirse y recibirse a base de un emisor y receptor de imagen y de un emisor y receptor de sonido, comprenderemos que el sistema sería caro y poco práctico, ya que se necesitarían dos emisores completos, dos antenas emisoras, dos antenas receptoras, un televisor y un receptor de radio y el telespectador tendría que sintonizar debidamente el televisor y el radiorreceptor. Sería, por tanto, un sistema caro y engorroso.

Recordemos, pues, que la señal de televisión se transmite conteniendo las dos informaciones básicas: la de sonido y la de imagen, aparte de las correspondientes a sincronismos y las informaciones de color, contenidas en la misma información básica de imagen.

Ahora bien, para transmitir el sonido dentro de la información de TV puede emplearse cualquier sistema de modulación, como ya indicamos al describir los diferentes *standards* de televisión: *la modulación de amplitud AM* y *la modulación en frecuencia FM*.

Asimismo, al tratar del televisor en su conjunto con sus etapas o bloques genéricos vimos que, después de la sintonía y conversión de frecuencia de la señal de TV, la información de sonido podría separarse de la imagen, y constituir el *televisor de canales separados*, o bien, seguir conjuntamente la información de sonido con la de imagen dentro de la señal de TV convertida en FI y amplificándola hasta el demodulador o detector, en donde ya se separan dichas dos informaciones básicas, constituyendo en este último caso el televisor «*intercarrier*» o de *interportadoras*.

Tanto en un sistema como en otro es necesario que los sistemas de modulación empleados para la imagen no interfieran sobre los circuitos de sonido (cuando menos en forma apreciable). La necesidad de que la información de imagen no interfiera al sonido obliga a disposiciones que nos llevan también a plantear el problema en forma recíproca, es decir, que el sonido no interfiera a la imagen.

Este principio general es el que nos impulsa a pensar en el televisor de portadoras separadas para las informaciones de sonido y de imagen. Sin embargo, las condiciones que determinan el receptor de televisión más económico nos hacen pensar en el sistema en el que pueda utilizarse la mayor cantidad posible de pasos amplificadores, correspondientes a las dos informaciones en forma común, es decir, el televisor «intercarrier».

Sabemos que, dentro del *standard* CCIR, las

portadoras de imagen y de sonido están separadas de 5,5 MHz y, en la etapa de sintonía del televisor, el oscilador genera frecuencias tales, de forma que se obtuviera la misma separación de 5,5 MHz entre las portadoras de sonido e imagen en la FI (33,4 y 38,9 MHz). Luego, en la detección obtenemos la señal interportadora modulada en frecuencia sobre la frecuencia central de 5,5 MHz resultante ésta del batido de las señales de FI de imagen y sonido.

Recordamos, asimismo, en la lección anterior, que la extracción de la interportadora de sonido podría efectuarse a la entrada misma del detector de video (televisores de alta ganancia como los de color), a la salida de dicho detector (televisores monocromáticos con válvulas) o en el amplificador de video, en su etapa previa e incluso a su salida (disposiciones estas últimas muy utilizadas en los televisores transistorizados). Además, explicamos que después de la extracción en sí misma de la señal de sonido se prevé un filtro eficaz sintonizado a 5,5 MHz, que evite cualquier interacción con la imagen.

En este punto la señal interportadora o FI de sonido se aplica a un amplificador de FI, de donde pasa a un limitador de amplitud en FM, es detectada en un discriminador y de allí al amplificador de baja frecuencia, al igual que ya se describió en el estudio de los radiorreceptores de FM, aunque respetando las particularidades debidas a la frecuencia de trabajo.

Con el fin de comprender bien el funciona-

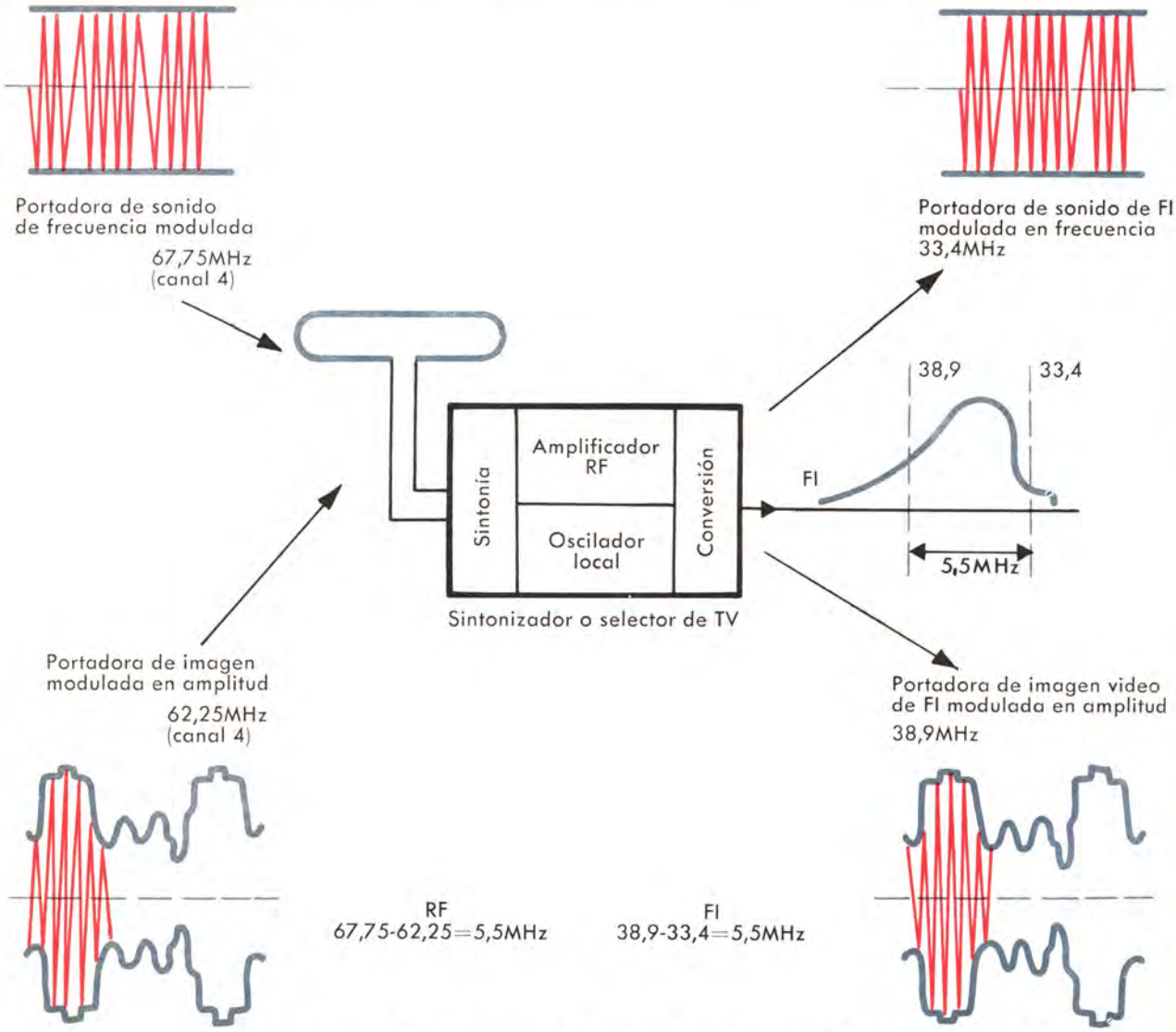


Figura 1. — Conversión de las muy altas frecuencias (según el canal que se sintonice) de la portadora de imagen modulada en amplitud y de la portadora en frecuencia, a unos valores de alta frecuencia más bajos y fijos, sea cual sea el canal sintonizado (frecuencia intermedia). Cada portadora conserva su modulación y la separación recíproca de los 5,5 MHz.

miento por interportadora, insistamos de nuevo en el trayecto y cambios de las señales, intentando «ver» dichas señales. Al sintonizar un canal, las portadoras son de muy alta frecuencia y en el sintonizador son amplificadas y, por conversión, dichas portadoras, distanciadas de 5,5 MHz pasan a una frecuencia más baja aunque siga siendo elevada; por ello se denomina «frecuencia intermedia de cada portadora» (fig. 1). La modulación de cada portadora es idéntica a la de RF; sólo es la frecuencia de la portadora la que ha sido modificada a un valor más bajo y preestablecido para toda la etapa de amplificación de frecuencia intermedia que les sigue; en esta etapa se procura que el ancho de banda de los circuitos sintonizados permita el paso de las dos portadoras y se consiga una gran amplificación de la amplitud de las portadoras (aunque mucho más para la de video, o lo que es lo mismo atenuando la de sonido), según indica la figura 2.

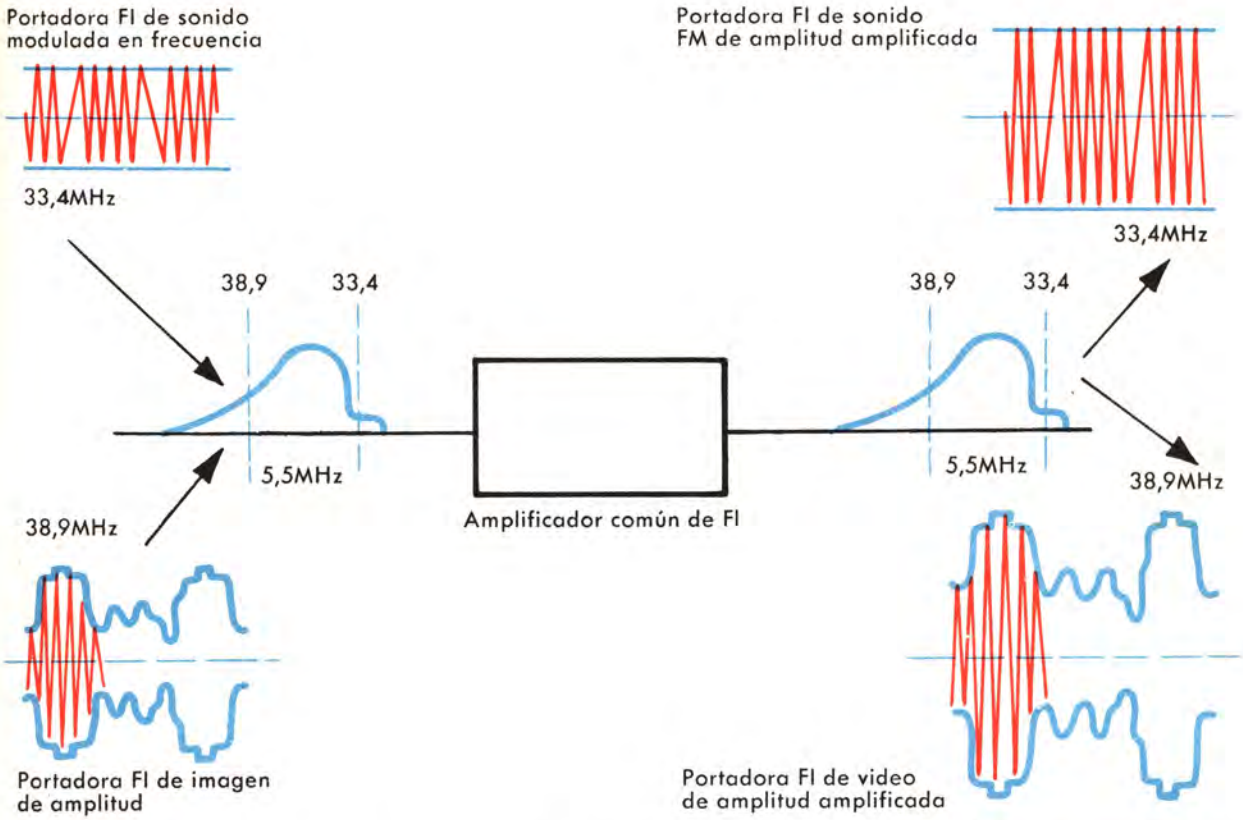


Figura 2. — Amplificación de la amplitud de las portadoras de imagen (modulada en amplitud) y de sonido (modulada en frecuencia) de frecuencia intermedia 38,9 y 33,4 MHz respectivamente.

Sabemos que en el detector se rectifica y demodula la señal de video con sus informaciones correspondientes y que además, por un efecto de conversión, se obtiene una nueva frecuencia intermedia modulada en frecuencia con la información de sonido. La frecuencia de esta nueva FI de sonido en FM es:

FI sonido = 38,9 — 33,4 = 5,5 MHz.

Para evitar que esta nueva FI, modulada en FM por el sonido, se module en amplitud por las informaciones de video ya se previó atenuar notablemente la amplificación de la portadora de sonido con relación a la portadora de video, con el fin de que su influencia afecte lo menos posible (fig. 3). Precisamente, debido a esta diferencia de amplificación relativa basta con un solo paso amplificador de video (o a lo sumo dos) para excitar el tubo de imagen y, por el contrario, para el sonido serán necesarios varios pasos de amplificación exclusiva en la nueva frecuencia de FI de 5,5 MHz.

«Vemos» en la figura 3 que la nueva FI de sonido en FM está ligeramente modulada en amplitud por la interferencia de la señal de video y por ello se recordará que se intercala un filtro o trampa de sonido en el detector de video y siempre se prevé un circuito limitador entre el amplificador de FI sonido y el discriminador, o bien el mismo amplificador de FI tiene características limitadoras.

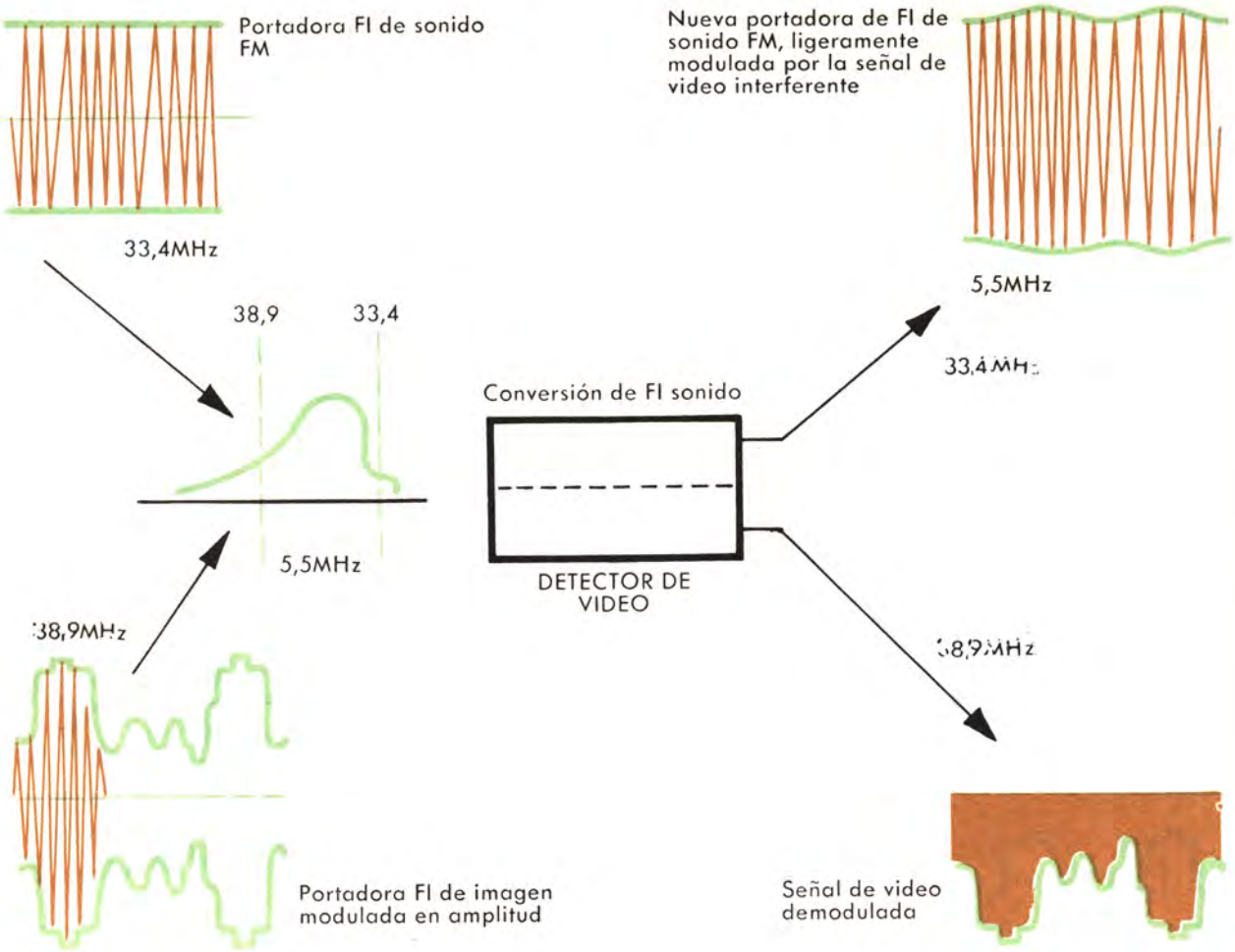


Figura 3. — Detección de video y separación de la FI de sonido FM a una nueva frecuencia de FI.

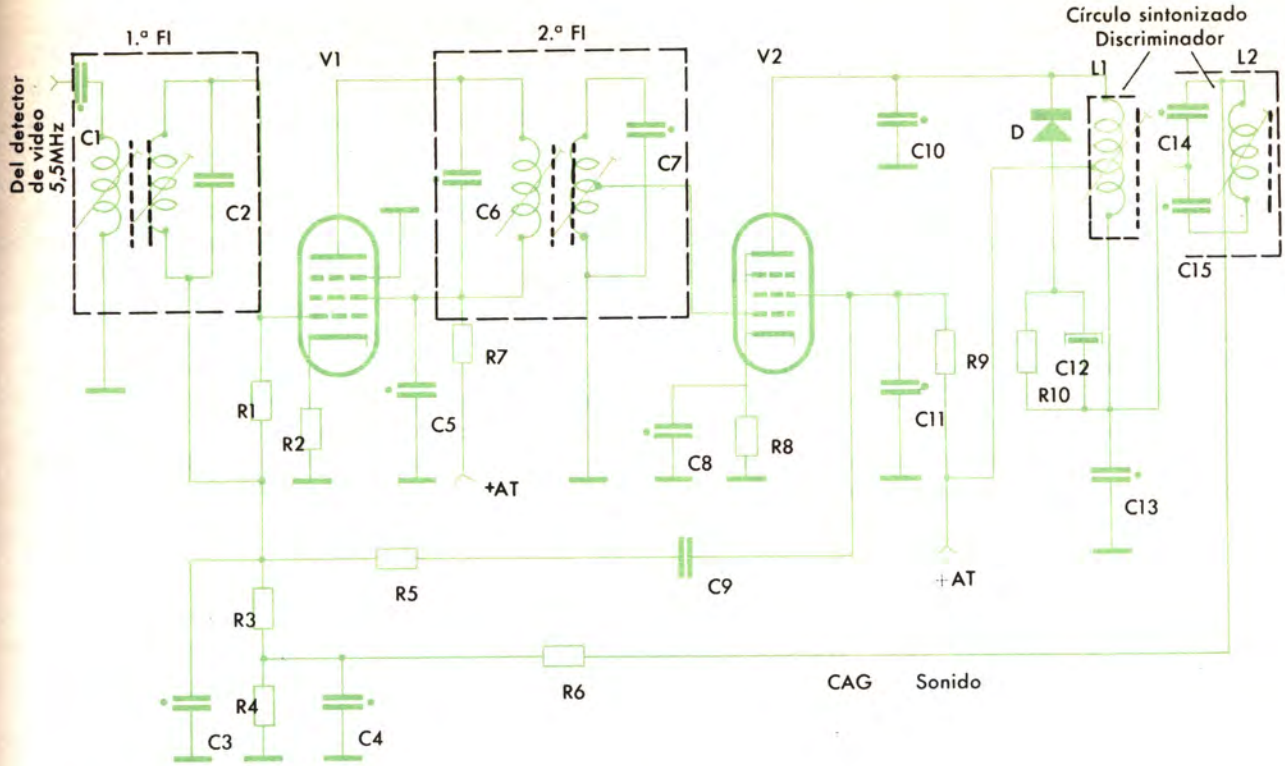
EL AMPLIFICADOR DE FI DE SONIDO

El amplificador de FI de sonido no presenta particularidades especiales con relación al que ya conocemos del receptor de FM, así como las etapas limitadora y del discriminador, por lo que no repetiremos sus funciones y teoría y sólo examinaremos su aplicación o adaptación a las peculiaridades de cada tipo de televisor en la práctica.

Así, podemos considerar los circuitos típicos con válvulas, los transistorizados para televisores que utilizan válvulas en otras etapas (televisores híbridos), los destinados a televisores transistorizados no portátiles y los destinados a televisores transistorizados portátiles.

Amplificadores con valvulas

Dentro del primer grupo principal y clásico de FI con válvulas, la figura 4 muestra el circuito típico en el que la señal de FI sonido de 5,5 MHz se toma del detector de video por medio de un circuito serie, sintonizado a dicha frecuencia y que forma también el primer filtro paso-banda de sonido. El amplificador consta de dos pasos y dos filtros paso-banda. Mediante el circuito de realimentación de modulación de amplitud, que va desde la rejilla pantalla de V_2, a través de C 9 y R 5, a la rejilla control de V 1, así como por la



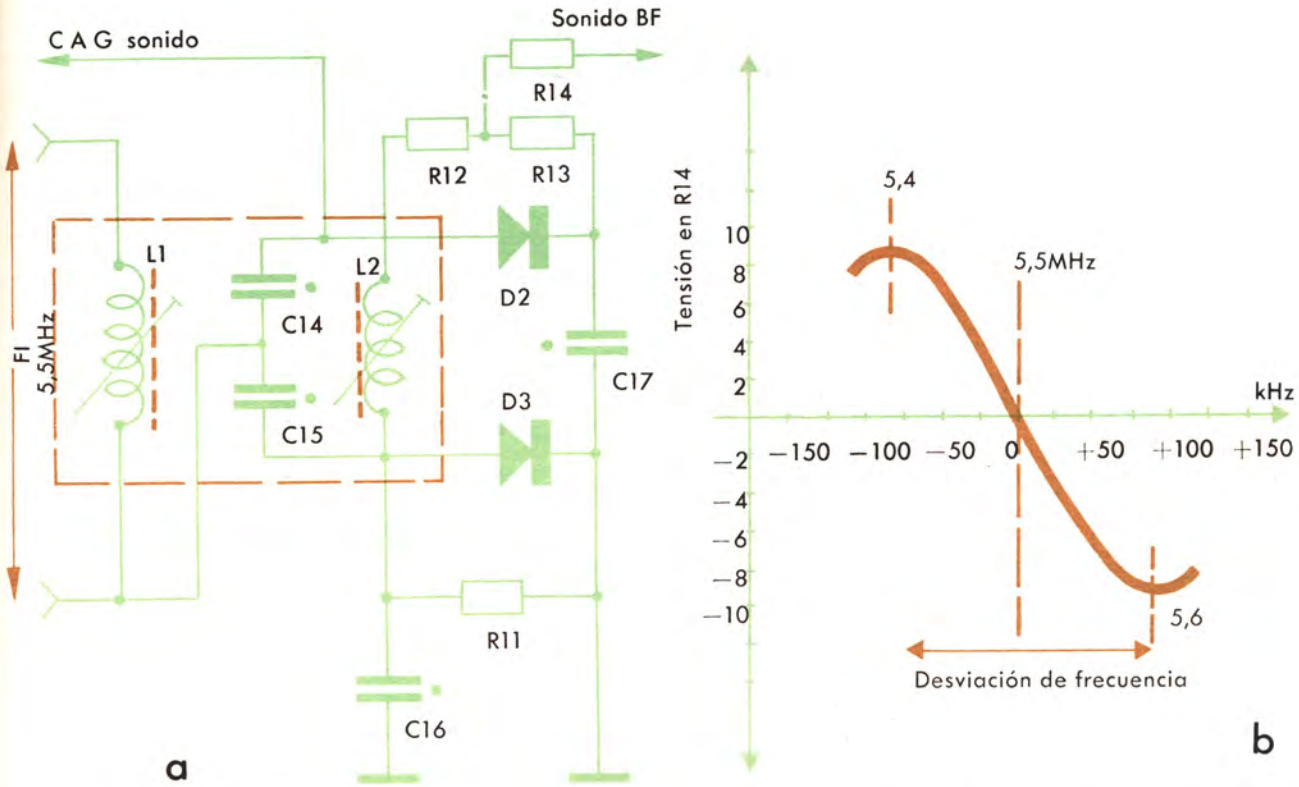


Figura 4. — Amplificador de FI sonido por interportadora.
Figura 5. — Discriminador típico para FI sonido en FM.
(a) Circuito teórico
(b) Curva de respuesta

acción del diodo limitador D en el circuito de placa de V 2, se obtiene una gran supresión de la AM debida al video. Este método es mucho más efectivo, en general, que utilizar un detector de relación ordinario, al propio tiempo que la radiación de armónicos es mucho menor que utilizar una válvula limitadora. La amplificación de la etapa se controla automáticamente mediante la tensión de CAG, sonido tomado del discriminador a través de R 6.

En cuanto al detector de FM y obtención de la señal BF de audio, nos remitimos también a lo estudiado en el receptor de radio FM ya que no presenta ninguna particularidad especial de TV. Así, en la figura 5 a vemos que la señal de FI se demodula por medio del discriminador, consistente en las bobinas L_1 - L_2 y los diodos de germanio D_2 y D_3 que provee asimismo la tensión de CAG de control de amplificación de FI. La figura 5 b muestra la curva del discriminador inyectando en C_1 de la figura 4 una señal con un generador de baja impedancia.

La figura 6 muestra el canal de sonido de un televisor de tipo económico. En él se ha previsto un solo paso amplificador de FI sonido, aprovechando la amplificación previa de la interportadora en la misma válvula amplificadora de video. Asimismo, por medio de una válvula doble triodo-pentodo, se aprovecha la sección triodo como limitadora, obteniéndose una señal en BF de tensión suficiente para atacar directamente la sección pentodo como amplificadora de potencia BF.

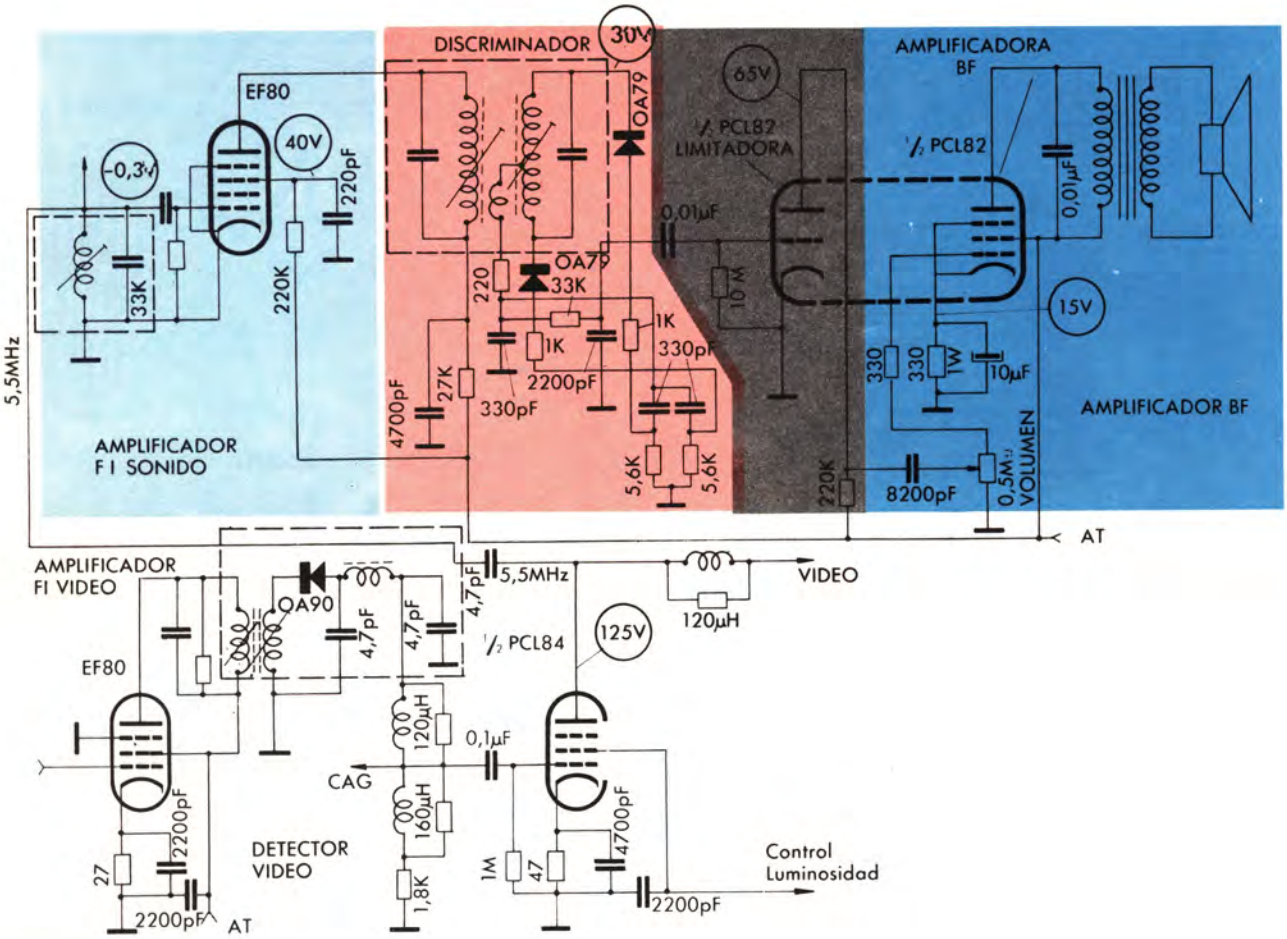


Figura 6. — Canal de sonido con amplificador de FI de un solo paso, aunque tomando la interportadora de 5,5 MHz a la salida de la válvula amplificadora de video. Es de señalar también en este circuito la válvula limitadora y el amplificador de BF con un solo pentodo.

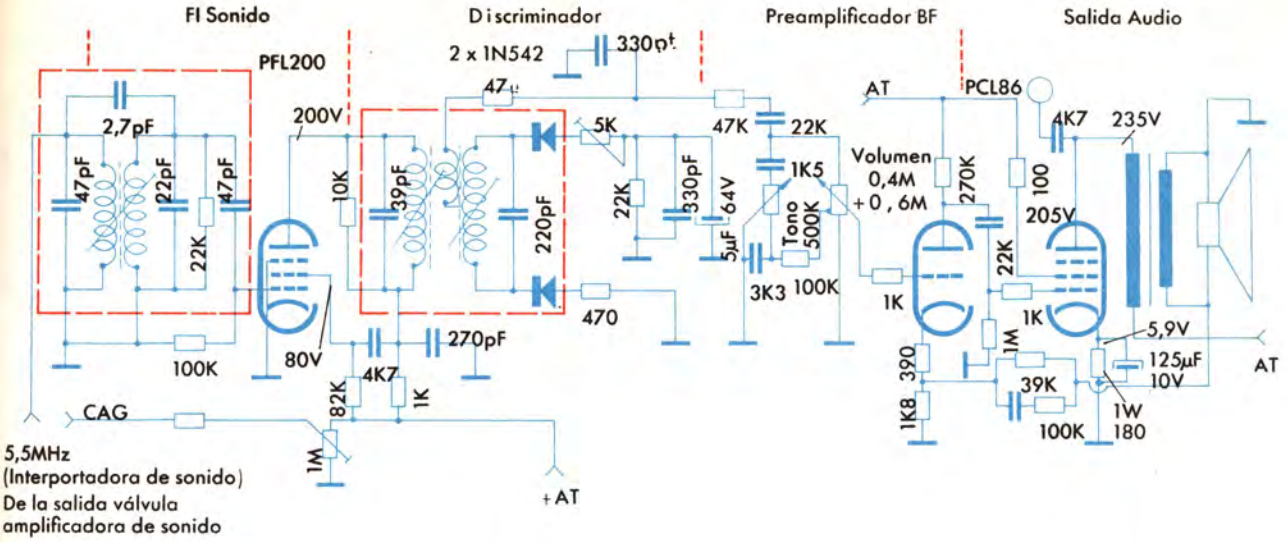


Figura 7. — Canal de sonido con amplificador de FI de un solo paso. El discriminador ataca la etapa de audio provista de preamplificador de tensión.

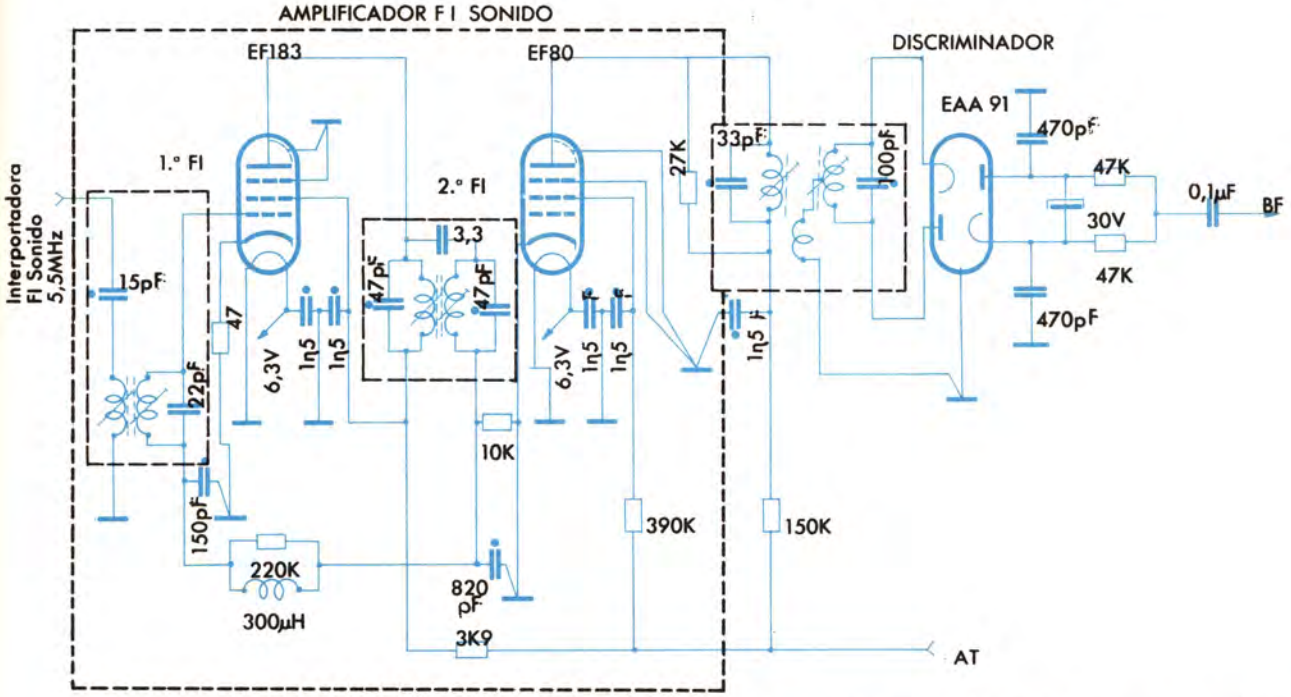


Figura 8. — Circuito práctico de amplificador de FI de sonido de dos pasos. El discriminador de FM utiliza la válvula doble diodo EAA 91 especial para esta función.

Por lo demás, el detector de video y el discriminador de sonido FM son del tipo clásico. Indudablemente se trata de un circuito que cumple estrictamente las funciones básicas sin que pueda exigírsele una calidad notable, ya que utiliza muy pocos componentes y ha sido proyectado para televisores económicos.

El circuito de la figura 7 es otra realización de tipo económico con un solo paso amplificador de FI sonido y, como no se utiliza válvula limitadora, el amplificador de potencia de audio necesita una etapa preamplificadora de BF para la cual se utiliza la sección triodo de la válvula doble de audio.

Dentro de los circuitos amplificadores de FI sonido, normales de dos pasos, la figura 8 muestra uno que puede considerarse típico en la mayor parte de televisores comerciales de tipo medio. En este caso se utiliza un discriminador con válvula doble diodo.

La figura 9 muestra unas realizaciones similares con discriminador, utilizando diodos de germanio.

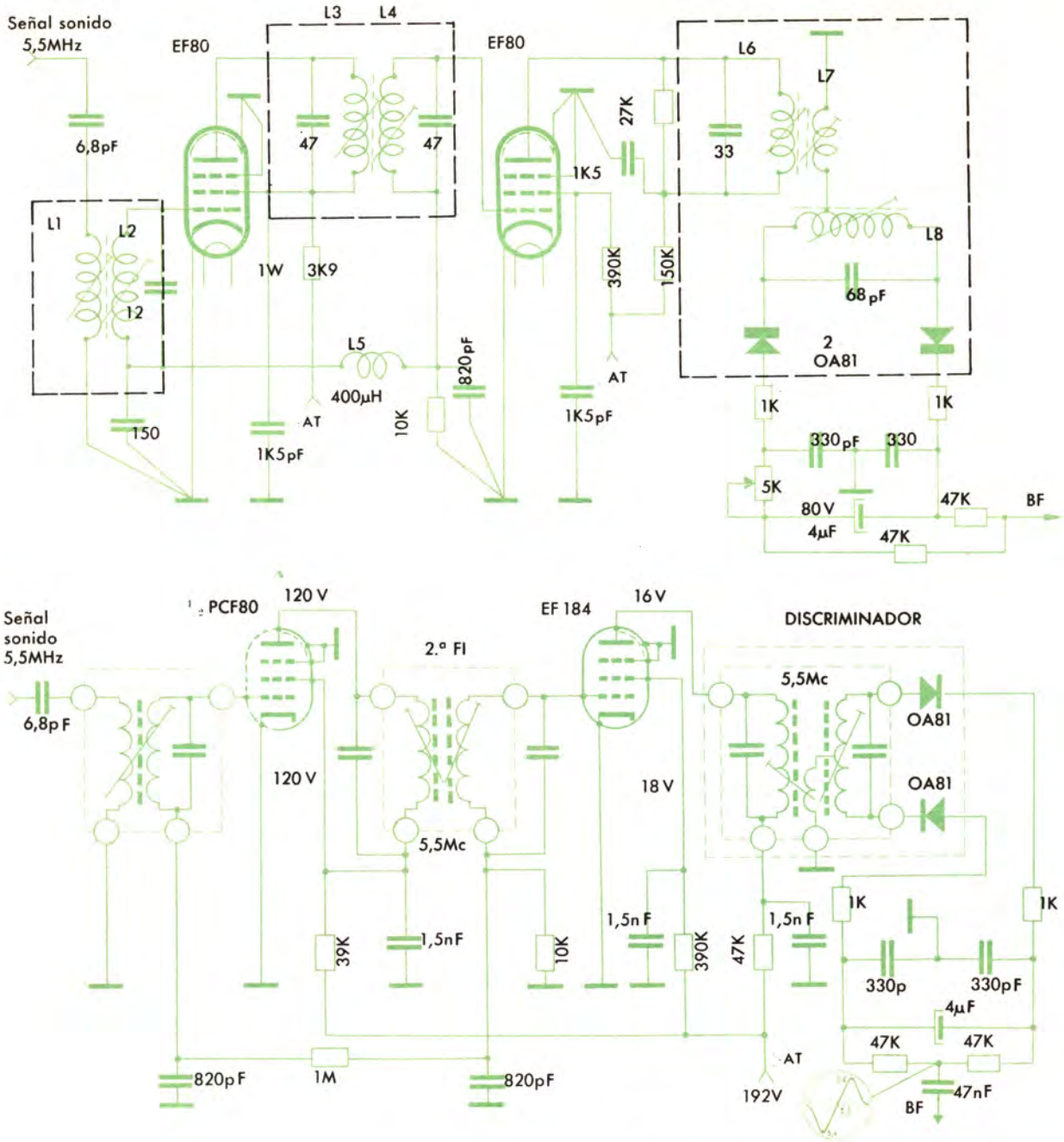


Figura 9. — Circuitos prácticos de amplificador de FI de dos pasos con discriminador de diodos de germanio.

En la actualidad, en el montaje de la mayor parte de televisores se utilizan pletinas llamadas de FI, que se suministran —en un mismo pequeño chasis parcial— conteniendo el amplificador de FI común, el detector de video, el amplificador de FI sonido y el discriminador de sonido FM, todos ellos totalmente cableados y ajustados en fábrica. Este tipo de unidades facilita en gran manera el montaje de los televisores, ya que todo el conjunto de FI es la parte más delicada del televisor (aparte del selector de canales) y cualquier conexión puede afectar a la calidad y funcionamiento del televisor (soldaduras, recorrido de las conexiones, conexiones largas, etc.), y el ajuste de este conjunto es delicado y requiere aparatos costosos que no siempre están al alcance de muchos montadores. La figura 10 muestra el esquema de una de las muchas pletinas que existen en el comercio y la figura 11 muestra el aspecto de una de ellas ya integrada en el chasis de un televisor.

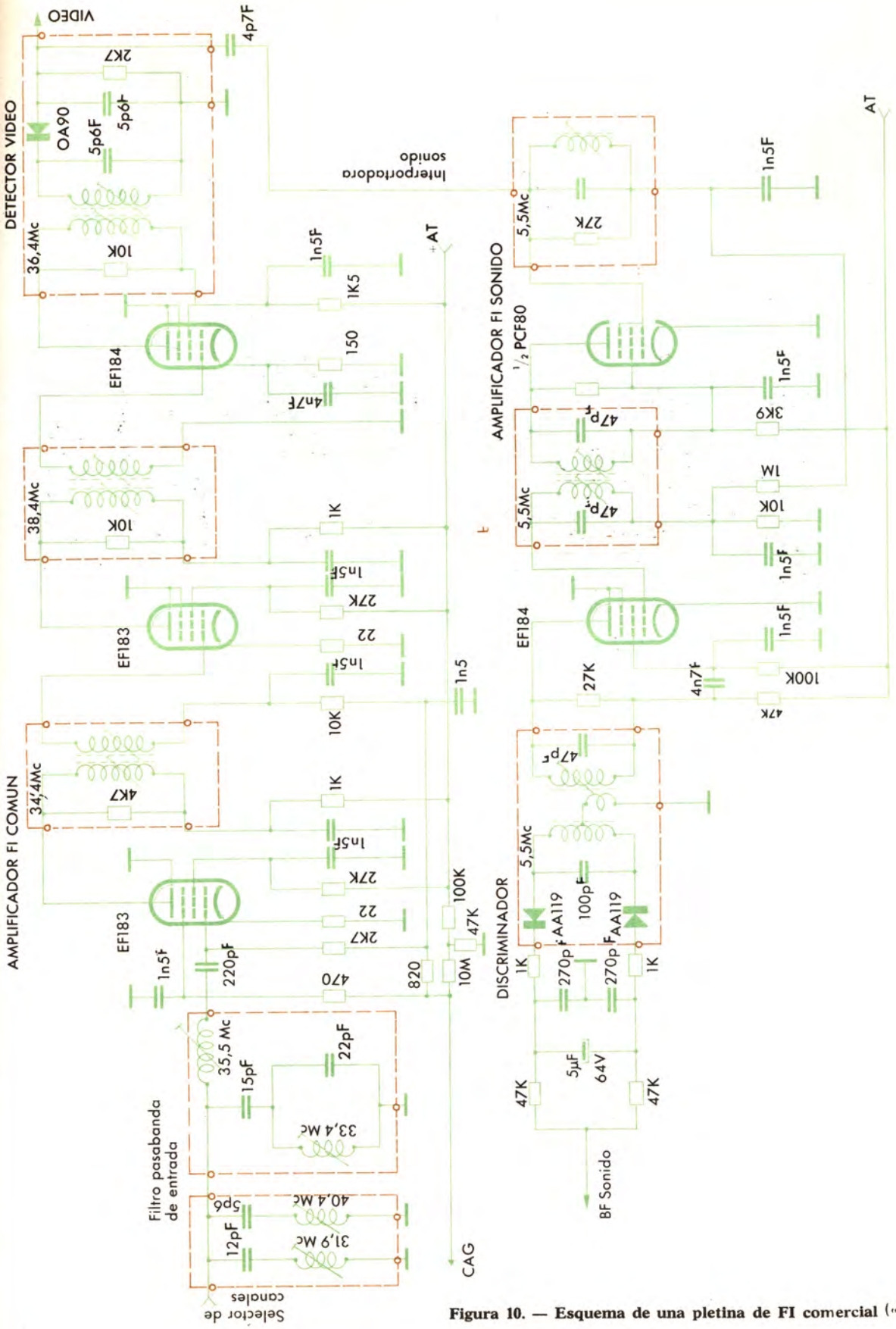


Figura 10. — Esquema de una pletina de FI comercial («GIL 16-04»).

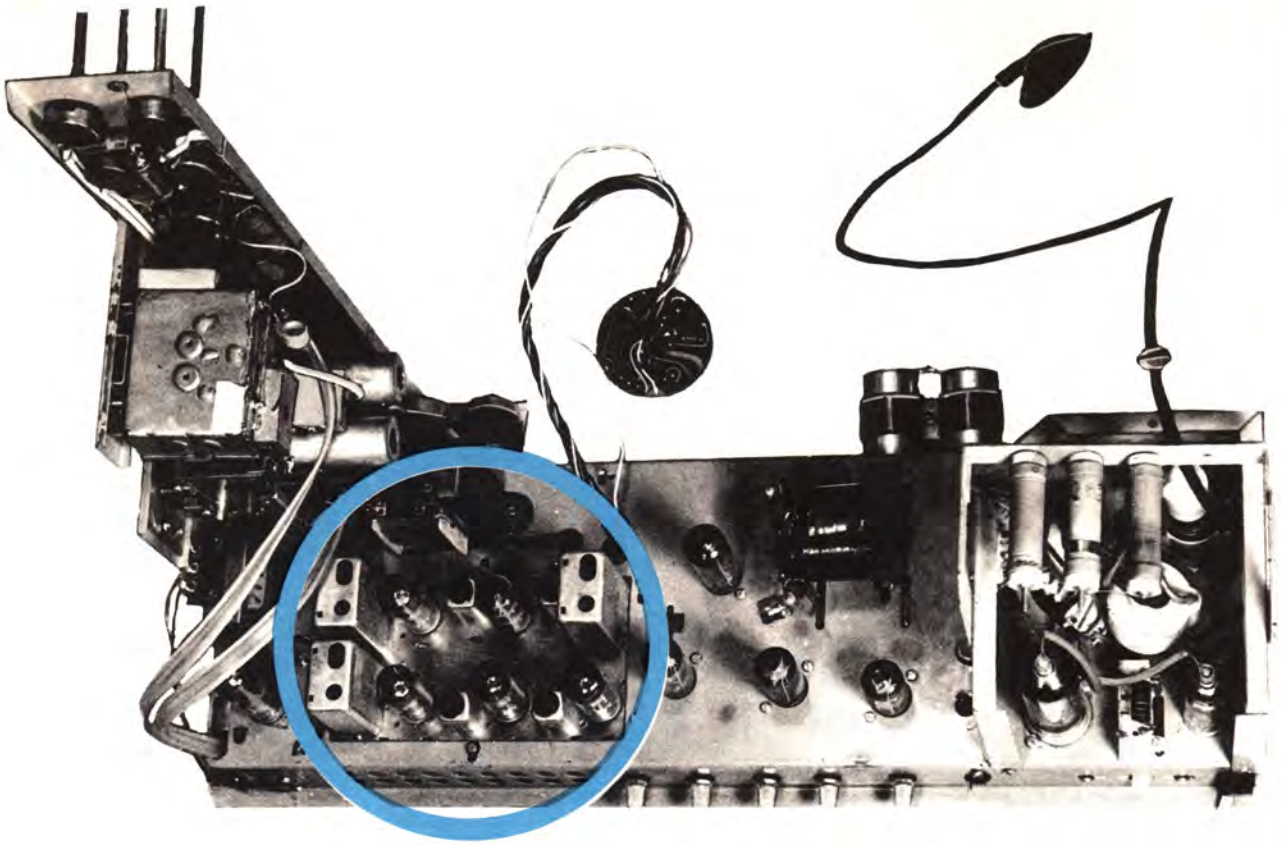


Figura 11. — Disposición de una pletina «Video-Sonido» en el chasis de un televisor.

En anteriores figuras y esquemas hemos visto los amplificadores clásicos de dos pasos en FI sonido, tomando la interportadora a la salida del detector de video o los económicos con un solo paso tomando la interportadora después de una amplificación en la etapa de video. Veamos ahora, al contrario, la amplificación FI sonido de un receptor de calidad como puede ser uno de alta sensibilidad o uno de TV-Color. El esquema de la figura 12 muestra uno en que la separación se efectúa a la salida de la tercera y última etapa de la FI común (llamada también de video) o entrada de detector de video. En este circuito se intuye claramente que la interportadora de sonido se individualiza por conversión de la portadora de FI sonido, ya que aparecen dibujados los dos amplificadores FI, y para el sonido se produce un cambio de frecuencia por efecto de heterodinación producida por un oscilador local que es el detector de video. El amplificador de FI sonido es de tres pasos con característica limitadora; el discriminador en sí es clásico.

Finalmente, la figura 13 muestra un amplificador FI sonido, dotado de diodo limitador D 1, previo al discriminador y amplificador V 3 de CAG.

Amplificadores transistorizados

En los circuitos transistorizados de amplificación de FI sonido y demodulación sonido tampoco existe una diferencia fundamental, al principio teórica, del receptor de radiofrecuencia estudiado en las lecciones correspondientes y en el estudio de los transistores para estas aplicaciones, descrito también en otras lecciones. La única particularidad es lógicamente la preocupación por la interferencia de modulación de amplitud de la señal video en la FM de sonido; por ello se utiliza preferentemente el detector de relación o el discriminador Foster-Seeley.

Las características que identifican a un detector de relación son el condensador de elevada capacidad (unos 10 μF) en paralelo con la carga y la disposición en serie de los diodos. El detector de relación posee mejores cualidades de *limitador* que el discriminador Foster-Seeley y es menos sensible a la modulación de amplitud.

El discriminador Foster-Seeley se utiliza no obstante corrientemente, y con el fin de procurarle una buena limitación a su entrada es frecuente que alguno de los pasos de la etapa amplificado-

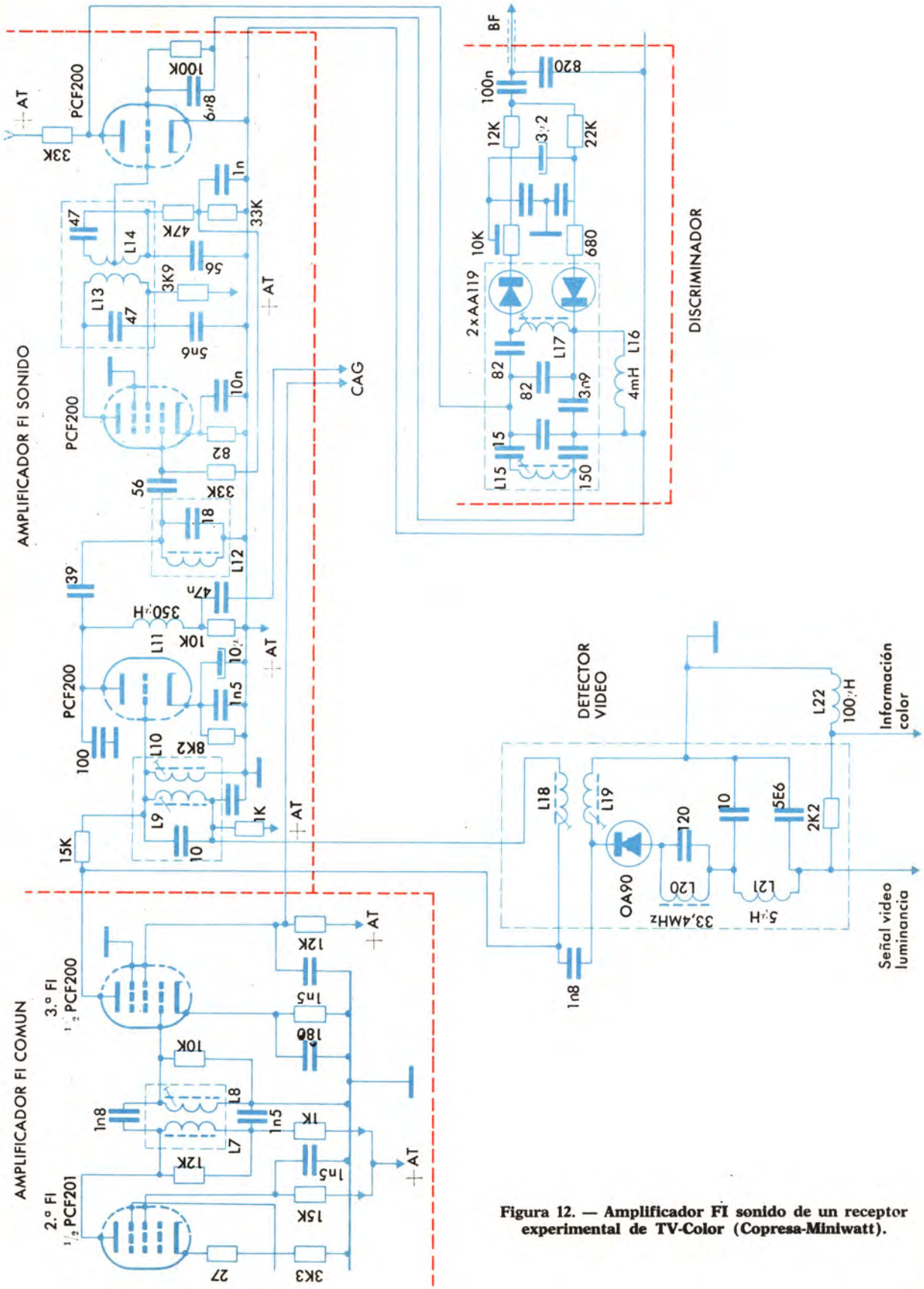


Figura 12. — Amplificador FI sonido de un receptor experimental de TV-Color (Copresa-Miniwatt).

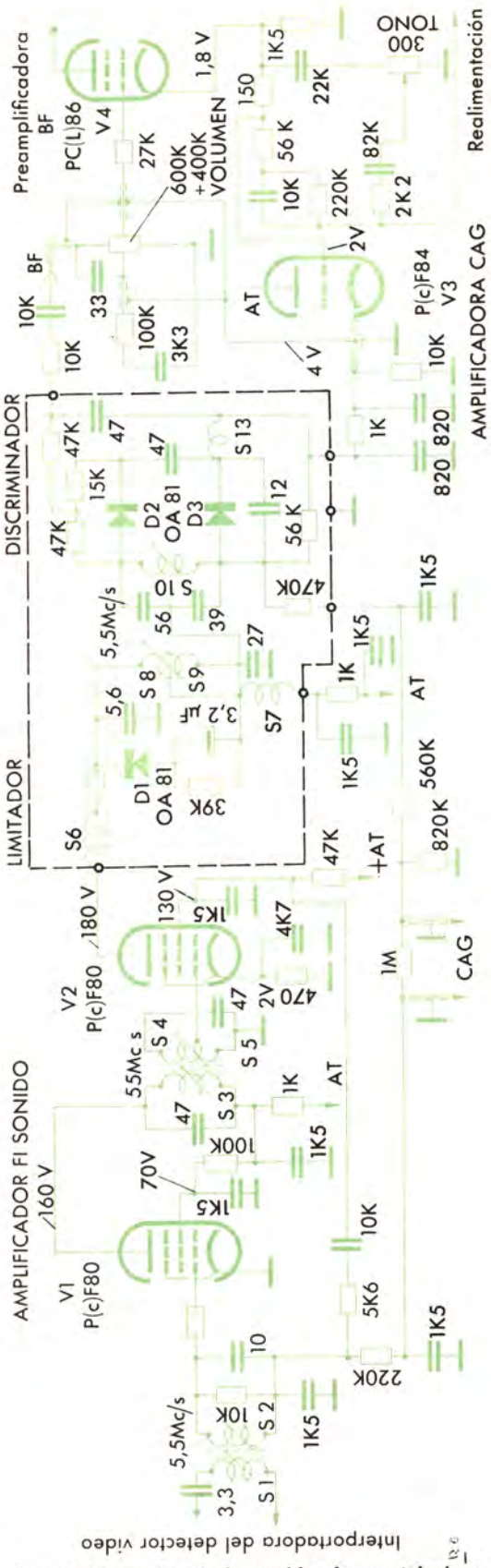


Figura 13. — Canal de sonido de un televisor de calidad.

ra de FI sonido de 5,5 MHz esté polarizado de forma que queden recortados los picos sobresalientes, correspondientes a la modulación de amplitud, o bien se utiliza un diodo de germanio como limitador de dichos picos.

La figura 14 muestra el esquema típico de un amplificador de FI sonido, transistorizado, muy utilizado en pequeños televisores de 11 ó 12" híbridos alimentados a la red. Vemos que consta de dos pasos sintonizados y en estos casos, generalmente, se toma la señal del detector de video, según el método clásico de los televisores totalmente con válvulas.

La figura 15 es ilustrativa de un amplificador de FI sonido, previsto para televisores portátiles de 11 ó 12" y utiliza transistores de silicio de alta ganancia. En este caso la FI interportadora de sonido se obtiene a la salida del transistor preamplificador de video, por medio de un filtro resonante paralelo acordado a la frecuencia de 5,5 MHz y que atenúa la portadora de sonido (en 25 dB) hacia el amplificador de salida video; el secundario de este filtro resonante constituye el ingreso de la interportadora al amplificador de FI sonido. La resistencia R_s de 1 KΩ a la salida del filtro reduce los efectos de la regulación de contraste sobre la portadora de sonido. Por otra parte la red RC en el emisor del transistor amplificador de video permite mantener constante la banda pasante de 5,5 MHz al variar también la regulación de contraste.

Las figuras 16 a 19 muestran diferentes circuitos prácticos que se diferencian entre sí por pequeños detalles de criterio que vamos a examinar. El de la figura 16 podemos considerarlo como piloto, ya que fue proyectado en un laboratorio de aplicaciones para sentar la base de circuitos comerciales; la separación se efectúa en el transistor preamplificador de video, actuando como conversor de la portadora de sonido que se obtiene en el colector, y en el emisor las informaciones demoduladas de video. La posible influencia de la regulación de contraste en el sonido se minimiza por filtro ajustado en el CAG sonido. La entrada de 5,5 MHz se efectúa por circuito doble sintonizado y la amplificación de FI sonido se efectúa por dos transistores en cascada y característica limitadora, demodulándose la señal de audio por medio de un detector de relación.

El circuito de la figura 17 se caracteriza por un criterio de mayor filtrado de la señal interportadora con el fin de evitar al máximo la interacción entre señales. Así vemos que, aún separándose dichas señales en el transistor preamplificador de video, actuando de conversor, se aplica un cir-

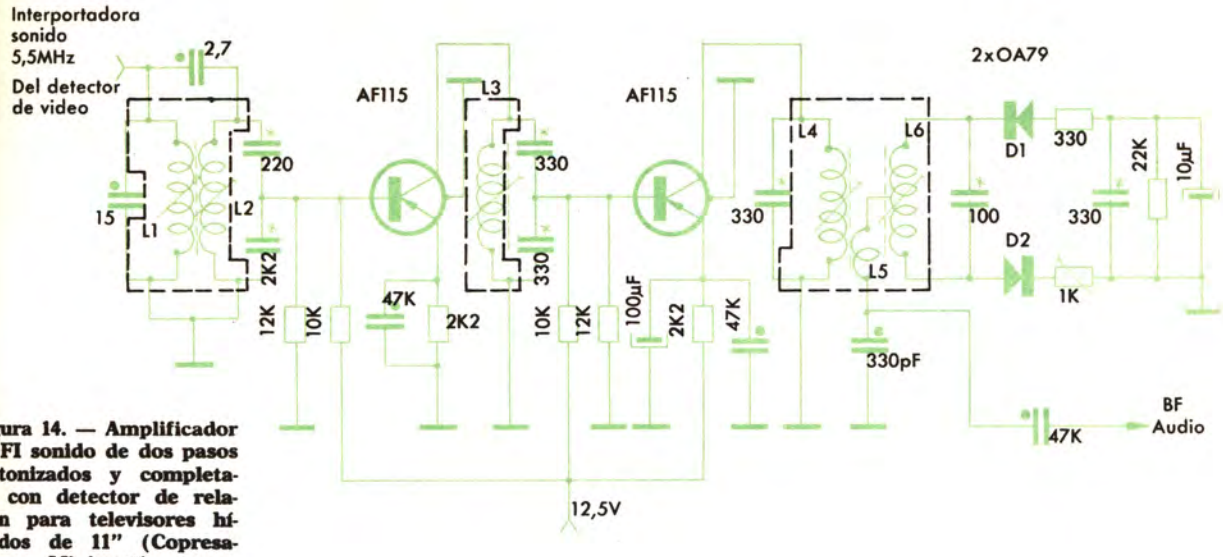


Figura 14. — Amplificador de FI sonido de dos pasos sintonizados y completado con detector de relación para televisores híbridos de 11" (Copresa-Miniwatt).

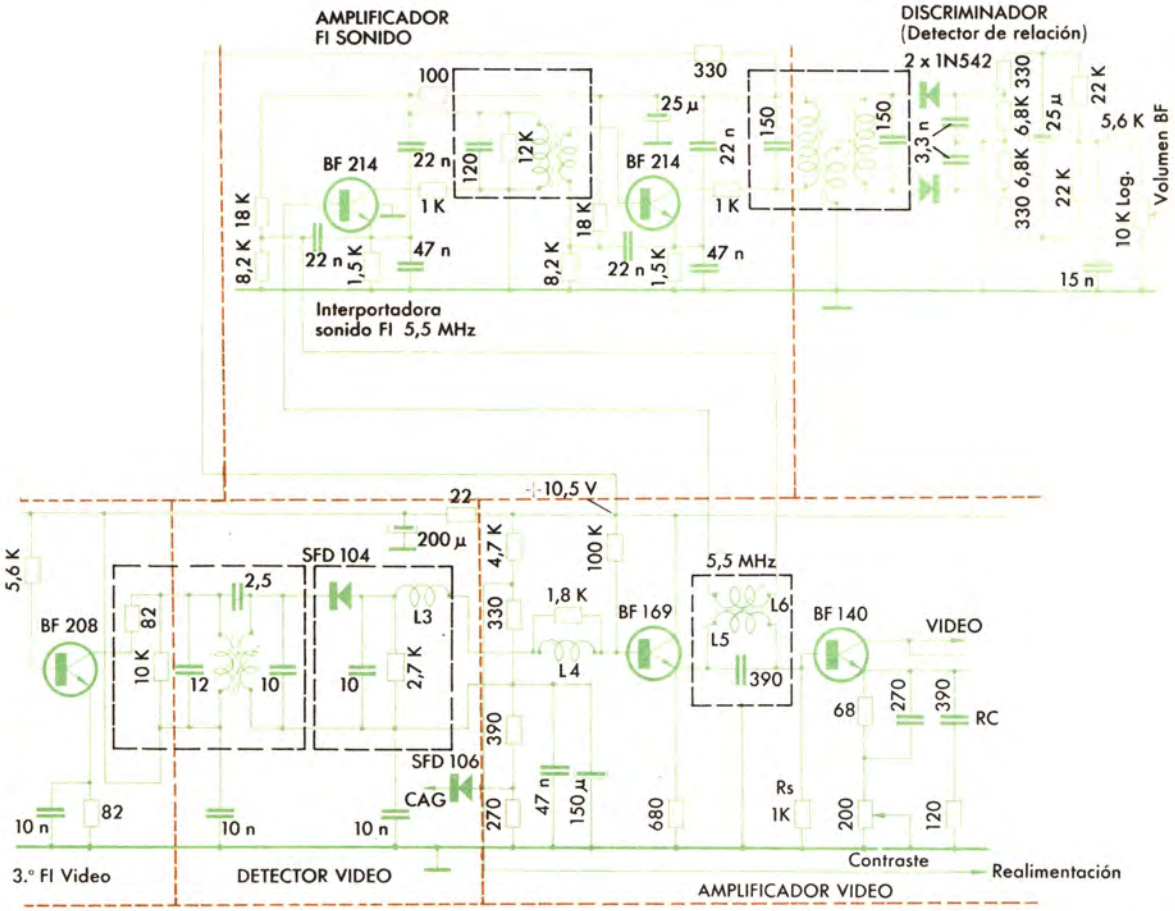


Figura 15. — Amplificador de FI sonido de dos pasos sintonizados con transistores de silicio, en que la FI de sonido se separa a la salida del preamplificador de video.

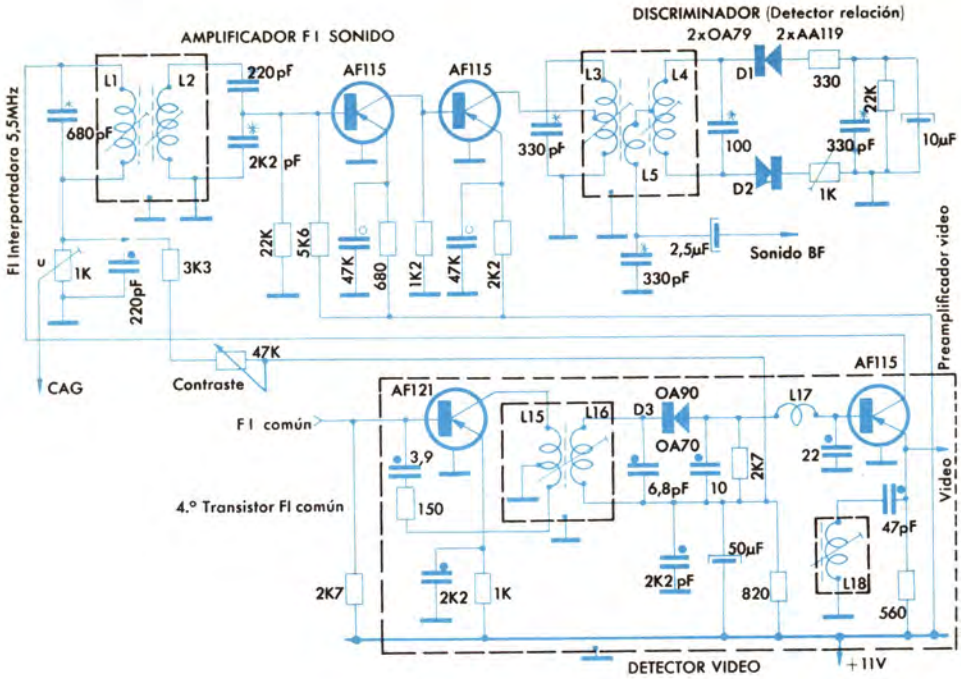


Figura 16. — Separación de señales y amplificación de FI sonido en un circuito básico con transistores de germanio para televisores transistorizados portátiles (Copresa - Miniwatt).

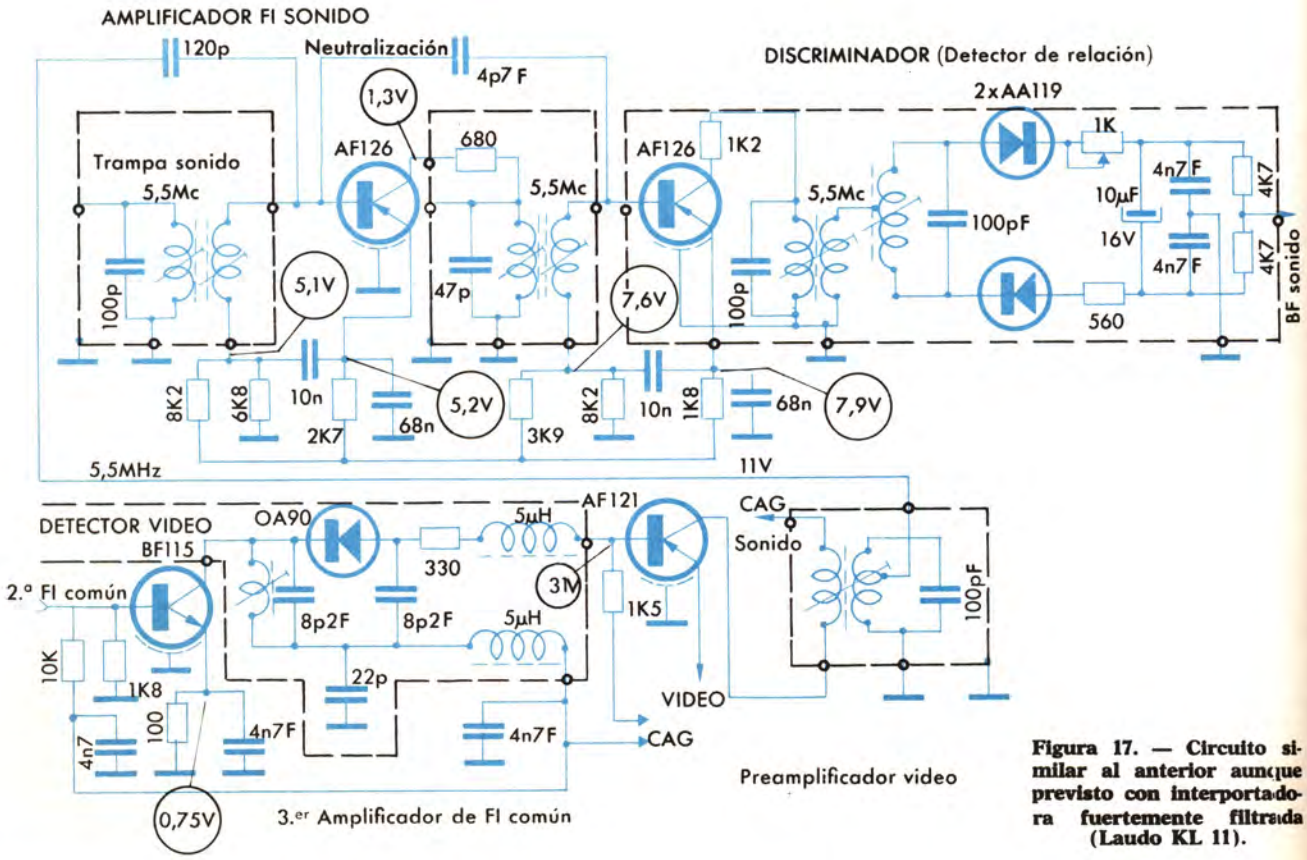


Figura 17. — Circuito similar al anterior aunque previsto con interportadora fuertemente filtrada (Laudo KL 11).

cuito resonante combinando con el CAG en el mismo colector y la trampa de sonido a la entrada del amplificador de FI sonido, y además el acoplamiento entre pasos de esta etapa se efectúa por circuito doble sintonizado.

Al contrario, en el de la figura 18, la señal de FI sonido obtenida en el colector del preamplificador de video se inyecta a la entrada del amplificador de FI sonido, a través de un filtro de sintonía simple, y los dos transistores del amplificador están conectados en cascada. Se ha previsto una trampa de sonido en la línea de video.

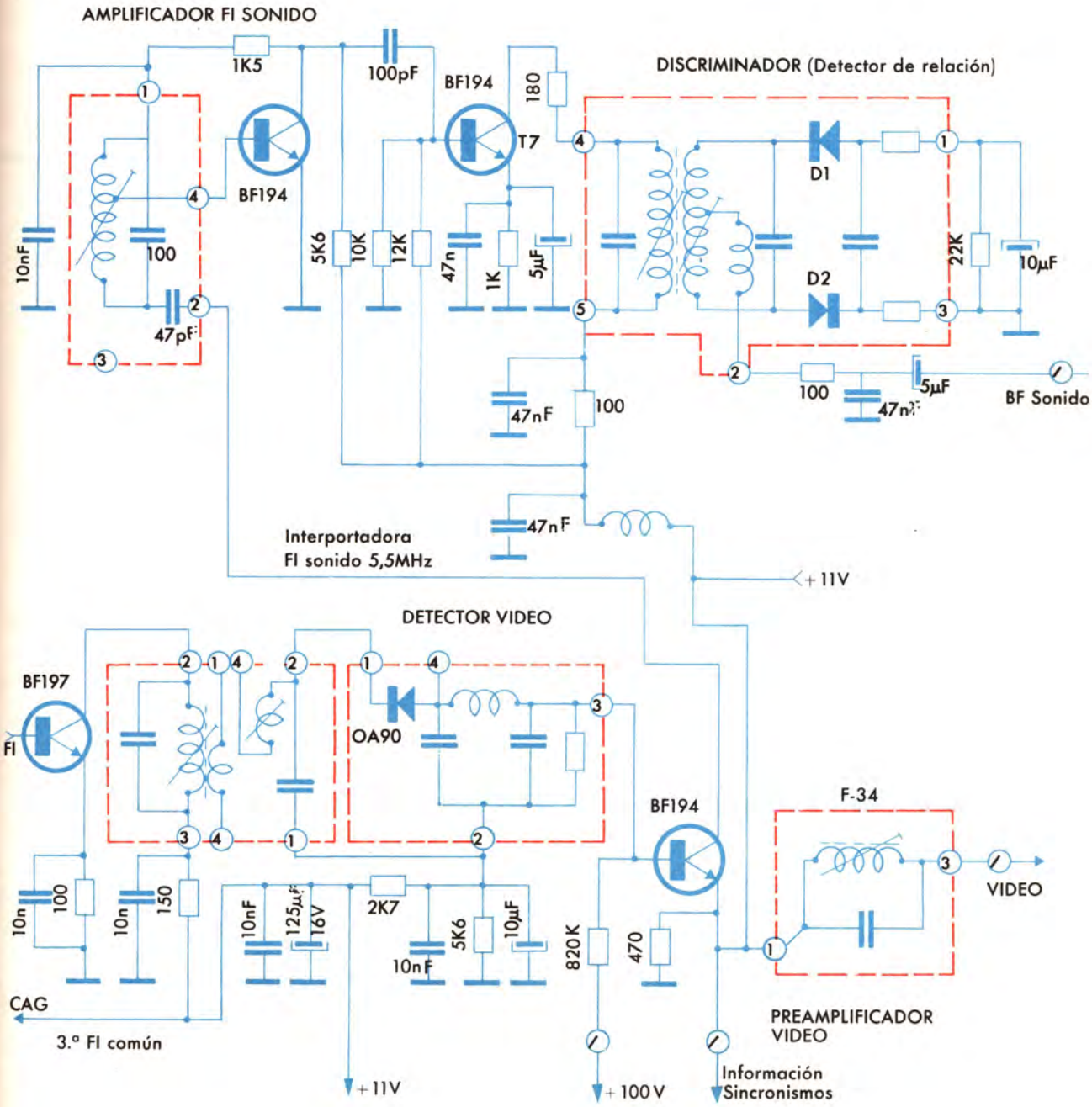


Figura 18. — Circuito típico montado y preajustado sobre pletina (Huguet 8500-A).

Es de destacar en este circuito que la alimentación de la base del transistor preamplificador de video —al igual que en el circuito de la figura 19— se polariza a partir de la tensión de unc 100 V, obtenida de la etapa de deflexión de línea del TRC.

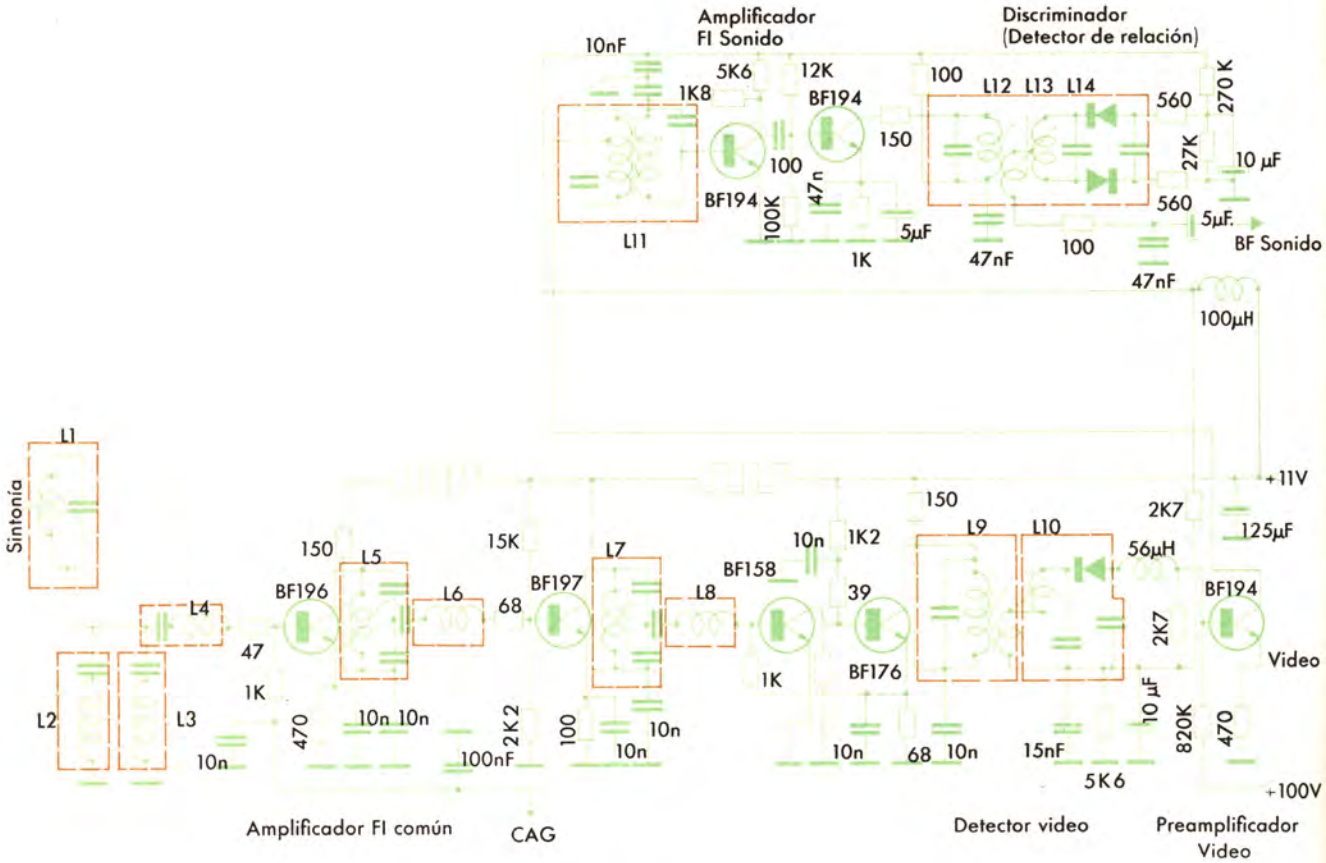


Figura 19. — Amplificador completo de FI con discriminador de sonido FM y detector y preamplificador de video (Bonvehí).

FRECUENCIA INTERMEDIA DE SONIDO SEGUN OTRAS NORMAS QUE LA CCIR

El estudio del televisor lo basamos en la norma CCIR (definida por el doctor Gerber y adoptada por la mayor parte de países europeos con carácter internacional) por ser la utilizada en España tanto en VHF como en UHF, además de los países europeos siguientes:

en UHF	en VHF
Alemania	Alemania
Austria	Austria
	Bélgica
	Chipre
Dinamarca	Dinamarca
Finlandia	Finlandia
Grecia	
Holanda	Holanda
	Islandia
Italia	
Noruega	Noruega
Portugal	Portugal
Suecia	Suecia
Suiza	Suiza
Turquía	
Vaticano	Vaticano
Yugoslavia	

y de los restantes países siguientes:
Argelia - Australia - Egipto - Etiopía - Guinea - India - Irak - Israel - Kenya - Líbano - Libia - Marruecos - Nigeria - Nueva Zelanda - Rhodesia - Siria - Tanganika - Túnez - Uganda, todos en VHF.

El estudio del televisor interportadora es válido igualmente para los *standards* americanos FCC de 525 y 625 líneas y el OIRT de los países del Este en 625 líneas, aunque los anchos de canal o la separación entre portadoras sea diferente (4,5 MHz en los americanos y 6,5 en el OIRT).

Norma FCC (VHF/UHF)	Normas OIRT VHF UHF	Otras normas aplicables al sistema interportadora (UHF)
América	**Europa**	**Europa**
Argentina	Albania	Bélgica
Brasil	Bulgaria	Chipre
Canadá	Checoslovaquia	Gran Bretaña
Colombia	Hungría	Grecia
Cuba	Polonia	Irlanda
Chile	Rumania	Italia
El Salvador	URSS	Luxemburgo
Estados Unidos		Turquía
Guatemala	**Otros continentes:**	Yugoslavia
México	Alto Volta	**Otros continentes:**
Nicaragua	Antillas	Colonias portuguesas
Panamá	Camerón	Unión Sudafricana
Perú	Congo	
R. Dominicana	Costa de Marfil	
Uruguay	Chad	
Venezuela	China	
Otros continentes:	Dahomey	
Arabia Saudita	Federación Centro Africa	
Corea del Sur	Gabón	
Filipinas	Guinea	
Irán	Madagascar	
Japón	Malí	
Kuwait	Mauritania	
Liberia	Níger	
Tailandia	Senegal	
	Tahití	

Existen otras normas, básicamente la inglesa de 405 líneas y las francesas de 819 y 625 líneas, que utilizan la modulación de amplitud para el sonido, y por tanto sus receptores de televisión deben ser del tipo de canales separados de sonido e imagen. Los países que utilizan estas normas son: Gran Bretaña, Irlanda y Hong-Kong para la norma inglesa (en VHF), y Francia y Mónaco para la francesa (VHF y UHF).

Aparte del caso particular de Bélgica, que ha adoptado *standards* de 625 y 819 líneas, los dos con modulación de sonido en amplitud (para la VHF), y por ser un país de poca extensión territorial y vecino a países de *standards* diferentes (Holanda, Alemania y Francia), sus televisores son de los denominados «multistandard», de los cuales nos ocuparemos, aunque sea sólo a título de interés técnico.

La recepción del sonido por portadoras separadas

Recordemos que en el sistema por interportadora, de la FI común a las portadoras de ima-

gen y sonido, en el detector se obtiene una videofrecuencia modulada y una radiofrecuencia FI que es la de sonido.

En el sistema por canales separados, a la salida del conversor se separan las FI, es decir, las señales de radiofrecuencia de sonido y de imagen para constituir las FI independientes respectivas, que se irán amplificando por canales separados y finalmente detectadas para obtener las informaciones de sonido e imagen.

Esta separación de portadoras de frecuencia intermedia puede también realizarse en algún paso intermedio de FI, pero la diferencia básica estriba no en la situación de la etapa del televisor, sino que en el televisor de canales separados las portadoras se separan en la FI en razón de su frecuencia diferente mediante filtros y en el televisor intercarrier no existe una separación de portadoras, sino que se trata de una detección de la señal de video simultáneamente con la conversión de la señal de FI de sonido a su nuevo valor de frecuencia intermedia; es decir, se trata de la separación de una señal demodulada de una portadora aún modulada.

Desde luego el sistema «intercarrier» sólo es posible cuando la portadora está modulada en frecuencia (siendo siempre la portadora de video modulada en amplitud) como es el caso de los *standards* CCIR, norteamericano y ruso. Al contrario, el sistema de canales separados puede utilizarse en todos los *standards*, aunque hoy día, cuando es posible, se adopta el método intercarrier por representar el televisor más económico y más estable en su funcionamiento.

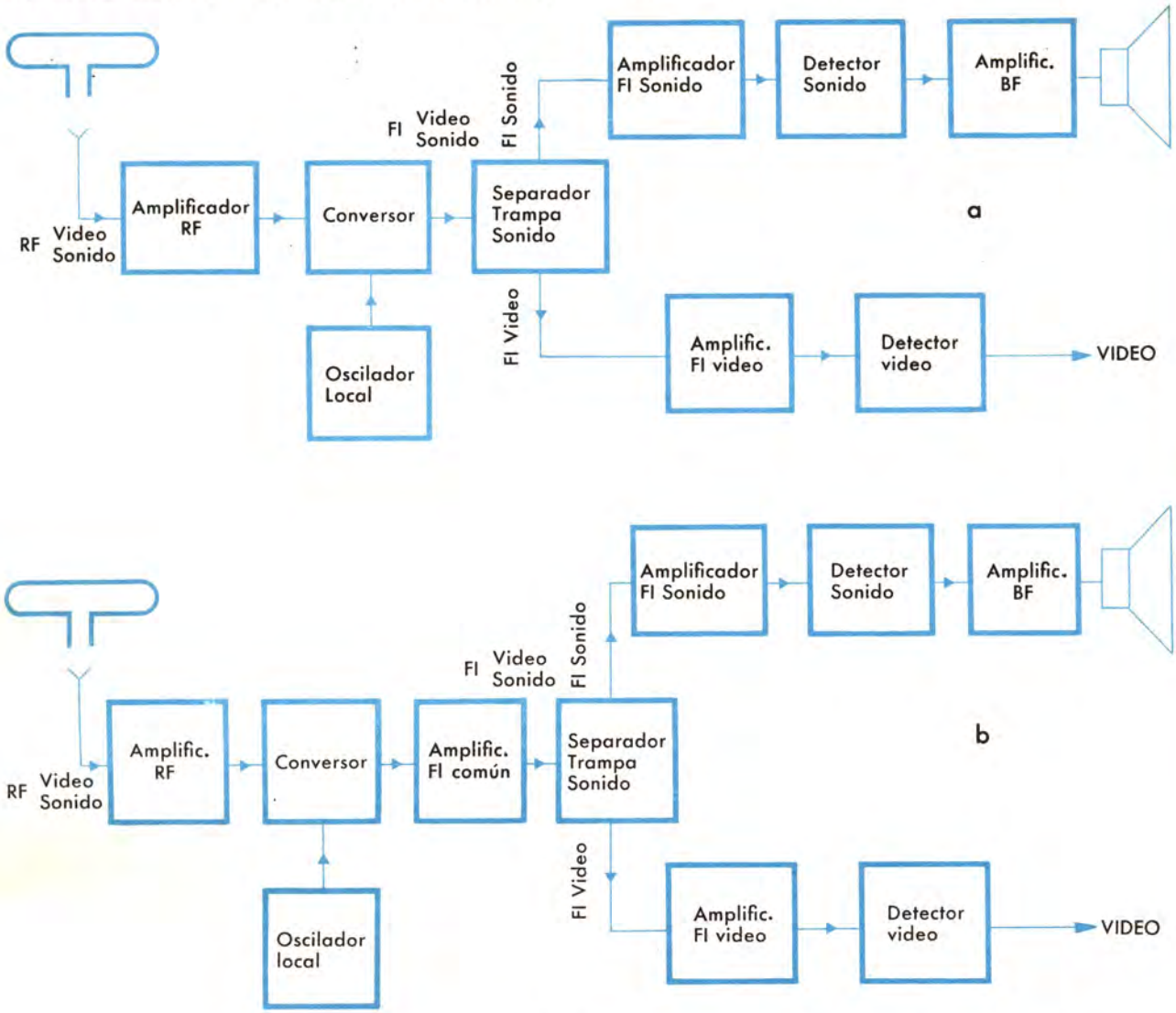


Figura 20. — Principio del televisor de canales separados de imagen y sonido.
(a) Separación a la entrada de FI
(b) Separación en paso intermedio de FI

La figura 20 representa esquemáticamente por bloques el principio del televisor de canales separados.

En el caso de estos televisores para *standards*, la cadena de sonido no presenta de hecho ninguna particularidad especial con relación a los receptores de radio para AM o para FM, salvo la frecuencia de trabajo y que han de ser previstos para una amplia banda de paso, lo cual obliga a utilizar circuitos resonantes de resonancia poco aguda, con lo que la amplificación de cada paso es relativamente pequeña, siendo preciso el empleo de tres o cuatro pasos de FI.

Asimismo, si el sonido es en AM, el detector no se diferencia en nada del de un radiorreceptor AM, y si es en FM tampoco se diferencia de la demodulación descrita en radiorreceptores FM y en televisores por interportadora. Por ello no analizaremos los circuitos de FI en canales separados, por ser ya conocidos. Señalemos únicamente que, en este sistema, los inevitables corrimientos de frecuencia del oscilador local dan variaciones de frecuencia que a veces son superiores al ancho de banda del amplificador de sonido (habida cuenta de los valores de frecuencia con que se trabaja).

Se han ensayado varios sistemas de control automático de frecuencia para el oscilador local y también se ha dotado al canal de sonido de un ancho mayor que el necesario, pero la sintonía correcta del receptor debe hacerse variando la frecuencia del oscilador local (control de sintonía fina), hasta obtener un sonido sin interacción mutua con la imagen.

La frecuencia intermedia del receptor «multistandard» belga

Ya hemos citado la situación particular de Bélgica, que la obliga a que sus televisores puedan recibir indistintamente los dos *standards* belgas, el CCIR (para emisiones alemanas y holandesas) y el francés de 819 líneas (para emisiones procedentes de Francia), por una simple conmutación por botonera.

La figura 21 muestra el amplificador completo de FI y detectores de uno de estos televisores «multistandard». La tabla y las posiciones de botonera permiten la conmutación de sistemas. El canal amplificador común de FI para CCIR es de 4 pasos (B 11 a B 14), seguido del detector de video X 6 y amplificación FI de la interportadora de sonido de dos pasos con limitación de la AM por el diodo X 3 y discriminador de sonido con los diodos X 4 y X 5.

El canal separado para la amplificación de FI de sonido en AM es de 3 pasos (B 3 a B 5), seguido del detector clásico de AM y diodo de control automático de frecuencia CAF. En este canal se aprecia la conmutación para FI sonido AM, según distancia entre portadoras de las normas belga o francesa.

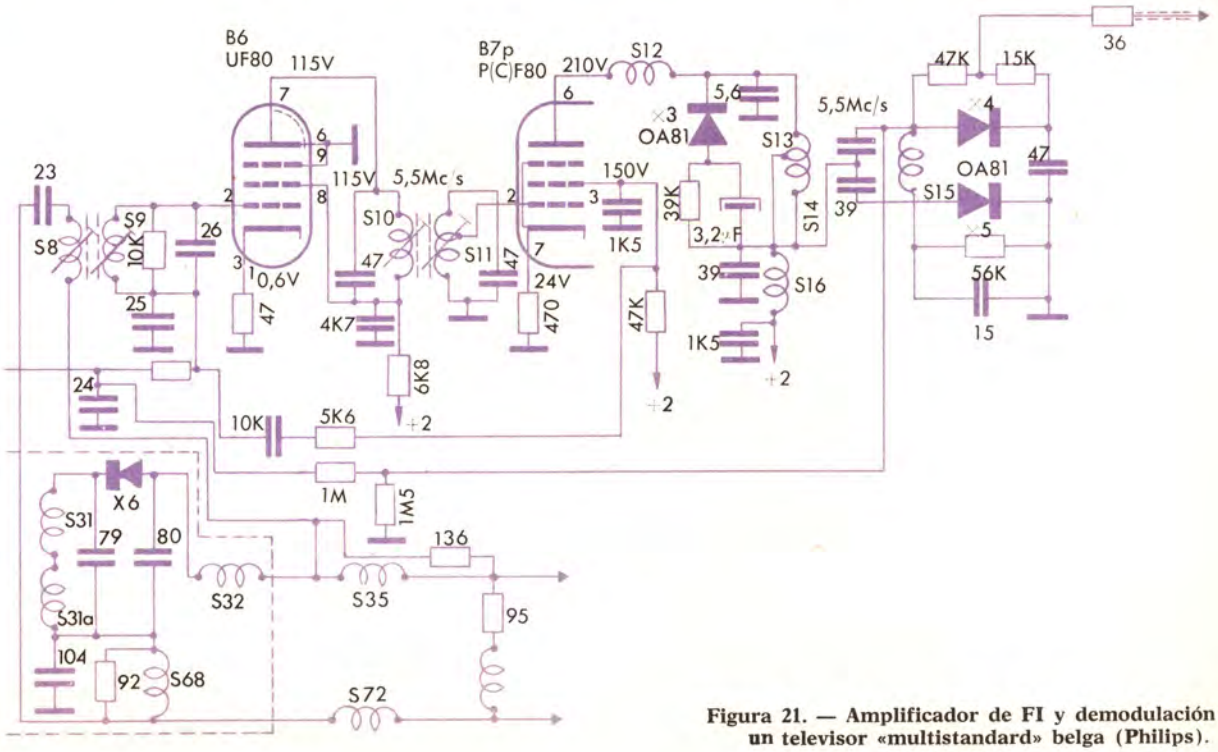


Figura 21. — Amplificador de FI y demodulación de un televisor «multistandard» belga (Philips).

LA ETAPA AMPLIFICADORA DE FRECUENCIA INTERMEDIA DE SONIDO «REFLEX»

Conocemos perfectamente los circuitos genéricos «*reflex*», es decir, aquellos en que se aprovecha en doble función los elementos amplificadores, ya sean válvulas o transistores, por medio de una realimentación o reinyección de la señal a la entrada.

En algunos modelos de receptores de TV se emplea este «veterano» sistema de «reflex» en la etapa amplificadora de FI sonido, de forma que actúe también como amplificador de tensión de audiofrecuencia o como excitador del amplificador de salida en BF (fig. 22). La señal interportadora de FI sonido de 5,5 MHz en forma de tensión alterna, se aplica a la entrada y queda amplificada en forma de variaciones de corriente de placa. Esta señal amplificada de FI sonido se aplica al discriminador para su demodulación mediante el transformador sintonizado. La señal de BF se aplica por medio de condensador C_3 en realimentación a la rejilla control de la válvula

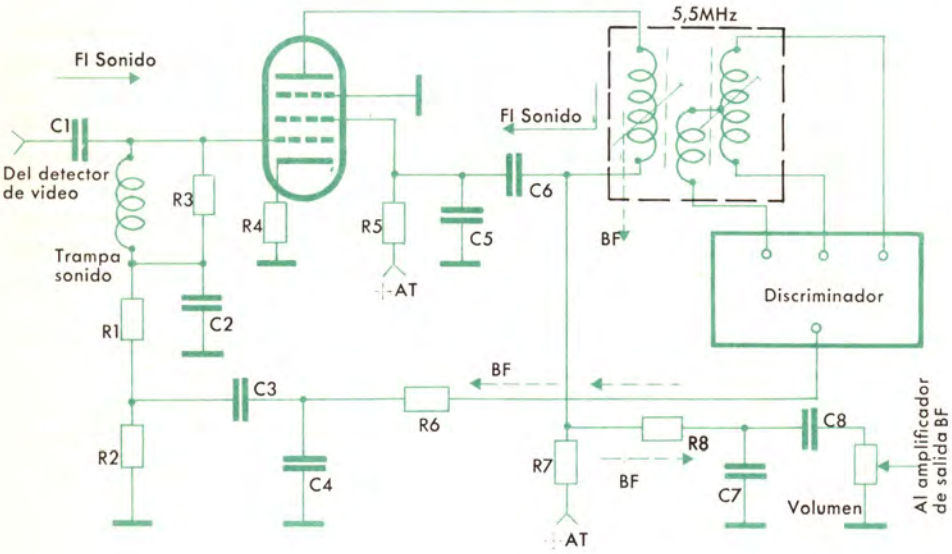


Figura 22. — Esquema de principio de la etapa especial «reflex» amplificadora de FI. Sonido y preamplificadora de BF simultáneamente.

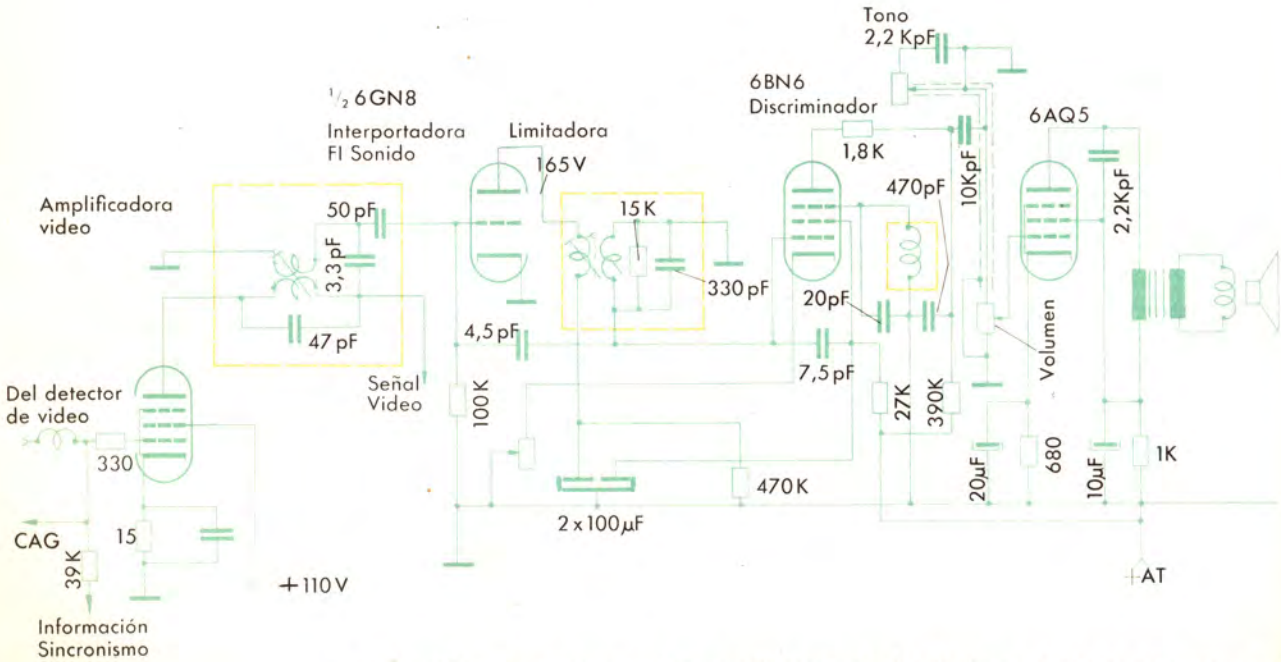


Figura 23. — Etapa completa de sonido con sólo 3 válvulas y ningún semiconductor (Zenit 16 H 22).

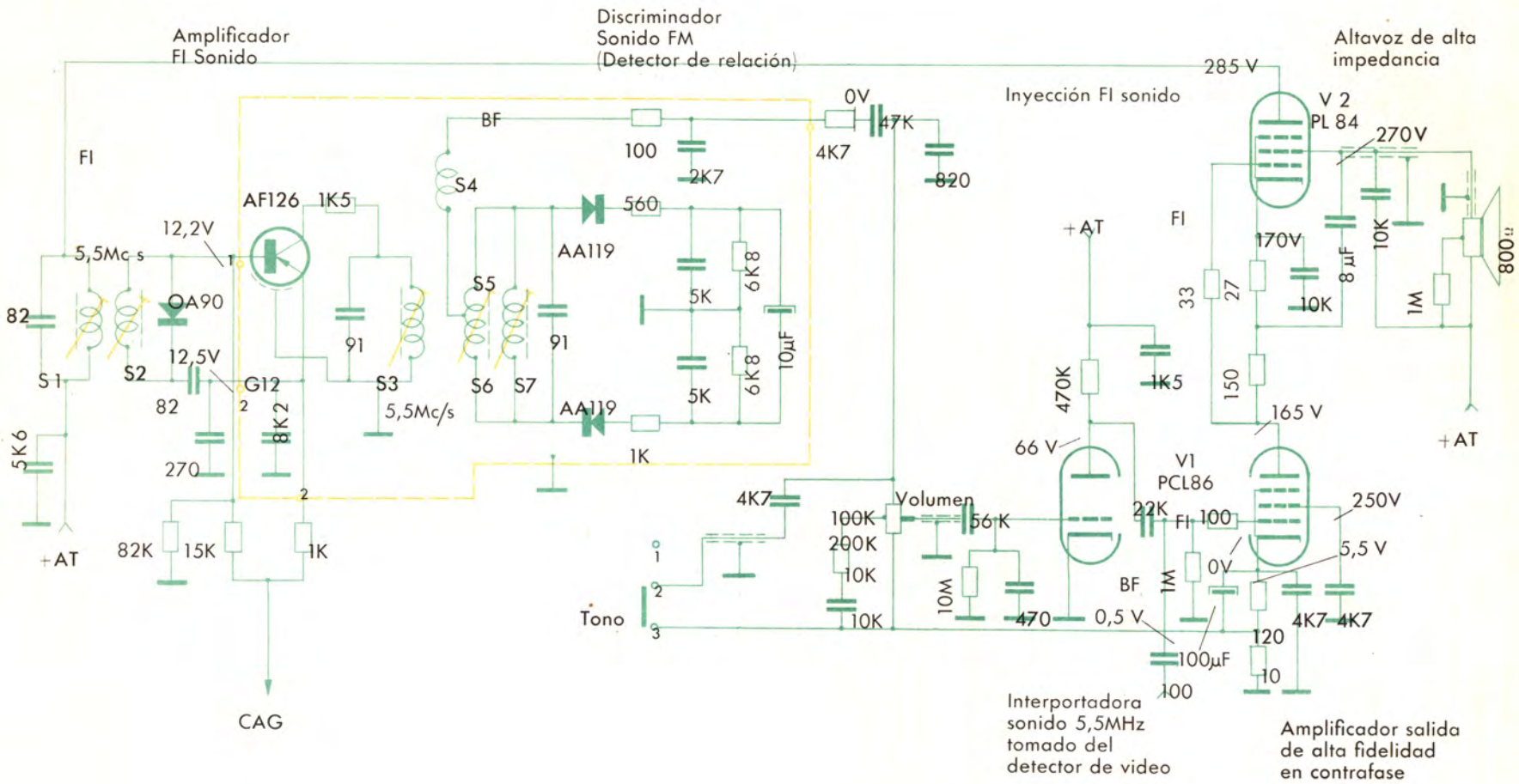


Figura 24. — Etapa completa de sonido (con sólo 2 válvulas y 1 transistor) de alta calidad con salida de audio en altavoz de alta impedancia sin transformador (Philips TI 501 A).

y se capta ya amplificada a través de C_8. El condensador C_6 facilita el retorno de la señal de FI y la resistencia R_8 impide su paso al amplificador de salida de audio y viceversa para la señal de BF.

La figura 23 muestra la aplicación de esta técnica a un circuito comercial en el cual con tres válvulas (una doble triodo-pentodo y dos pentodos) se logra la amplificación de video y todo el canal de sonido hasta el altavoz. Y la figura 24 muestra una aplicación del reflex a un circuito comercial de alta calidad en el que cabe destacar:

— Utiliza un solo transistor para la amplificación de FI sonido.
— La etapa de salida BF es del tipo de alta impedancia sin transformador de altavoz-circuito conocido por su baja distorsión y alta fidelidad.
— Esta etapa de salida actúa también de amplificadora de FI y la realimentación se aplica al transistor por medio del transformador doble sintonizado.

EL AMPLIFICADOR DE BF DEL TELEVISOR

La etapa amplificadora de sonido en BF de un televisor no se diferencia en nada de la de cualquier amplificador corriente o radiorreceptor. La técnica y conocimientos de esta etapa nos son perfectamente conocidas por el estudio de la técnica HI-FI.

No obstante, hay que lamentar una particularidad en el televisor: se ha desarrollado un interés primordial por la buena reproducción de la imagen, relegando a segundo término la de sonido, llegando incluso a descuidar visiblemente esta última.

Así, cualquier televisor de tipo corriente está dotado de un sencillo amplificador de BF y altavoz corriente. Cierto que existen televisores de calidad que no descuidan el sonido; sin embargo, son excepcionales ya que también lo son los adquirentes de televisores que al hacer su selección para la compra tienen en cuenta este factor.

Sin embargo, ello es lamentable y tanto el técnico como el simple espectador del espectáculo televisado debería tomar conciencia que la modulación en frecuencia del sonido (FM) y el alto nivel técnico alcanzado en la toma y transmisión de la señal de televisión nos permite audiciones de muy buena calidad si se utiliza una etapa de BF proyectada según la técnica de la alta fidelidad.

Sin embargo, repetimos, el mercado no requiere en general estas cualidades en el sonido, las cuales se obtienen por una mayor complejidad en el circuito del televisor e influyen en el coste del mismo, alejándolo de un precio de competencia que ha llegado a ser excesiva. Decimos excesiva o exagerada por cuanto la calidad de sonido puede obtenerse con poca diferencia sobre el coste total del equipo del televisor.

Todo cuanto hemos comentado es válido en televisores de válvulas, como en transistores o híbridos. Es igualmente cierto en los de color cuando allí la diferencia de coste en la calidad del sonido es aún más reducida sobre el total del televisor.

La figura 25 muestra la etapa corriente de salida de sonido de un televisor; de ella sólo cabe señalar cuando menos la realimentación negativa, aplicada entre el secundario del transformador de altavoz y el cátodo de la sección preamplificadora, con el fin de mejorar la calidad del sonido. La figura 26 muestra una etapa igualmente sencilla, para televisores corrientes, aunque realizada según la técnica de los «módulos» o pletinas previamente cableadas en fábrica. En televisores transistorizados o híbridos, esta etapa tampoco se diferencia de las corrientes en receptores de radio con transistores. En este caso, para obtener suficiente energía en el altavoz se recurre siempre a la etapa de salida a «push-pull» con transformador o a la en contrafase sin transformador de altavoz, con la necesaria etapa previa preamplificadora y la desfasadora. La figura 27 muestra un circuito típico con cuatro transistores acoplados en corriente continua; el paso final en clase B está formado por una pareja de transistores complementarios, proporcionando 1 vatio con una tensión de alimentación de 12 V, sobre una impedancia de salida de 16 Ω que puede cargarse con un altavoz de esta impedancia o con dos en serie de 8 Ω. La figura 28 muestra prácticamente la misma etapa realizada, según la técnica de los módulos con circuito impreso.

No obstante pueden preverse etapas de BF de calidad y de hecho algunos televisores comerciales las prevén, ya sea con salida en paso simétrico clase AB o en simétrico push-pull, ya que con el mismo se elimina la distorsión por segundo armónico o en contrafase sin transformador de altavoz, es decir, con altavoces de alta impedancia.

Cabe señalar que muchas veces el mueble del televisor no permite disponer del espacio nece-

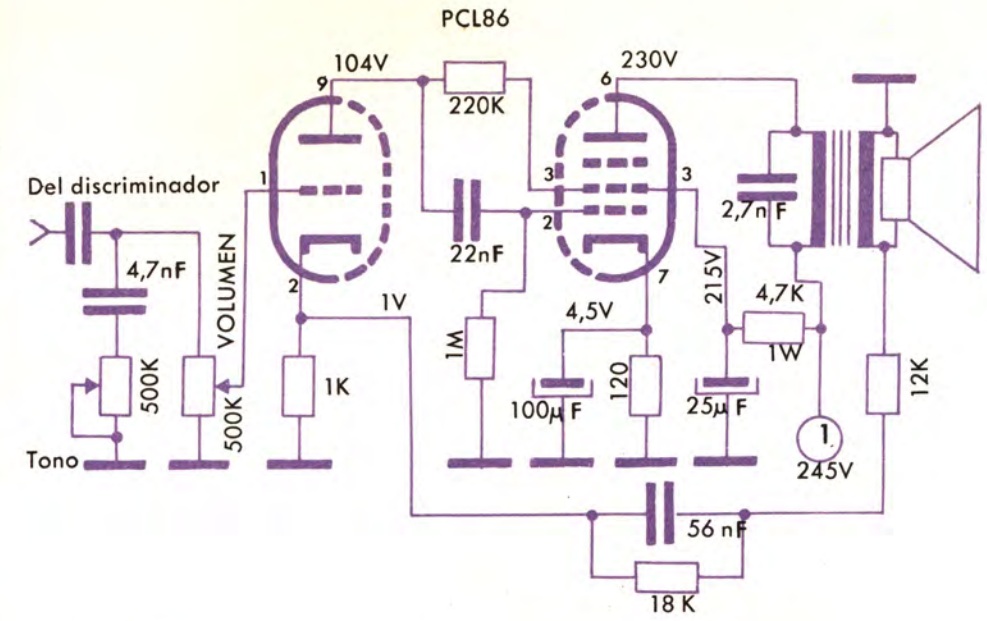


Figura 25. — Etapa amplificadora de sonido BF, típica de un televisor corriente.

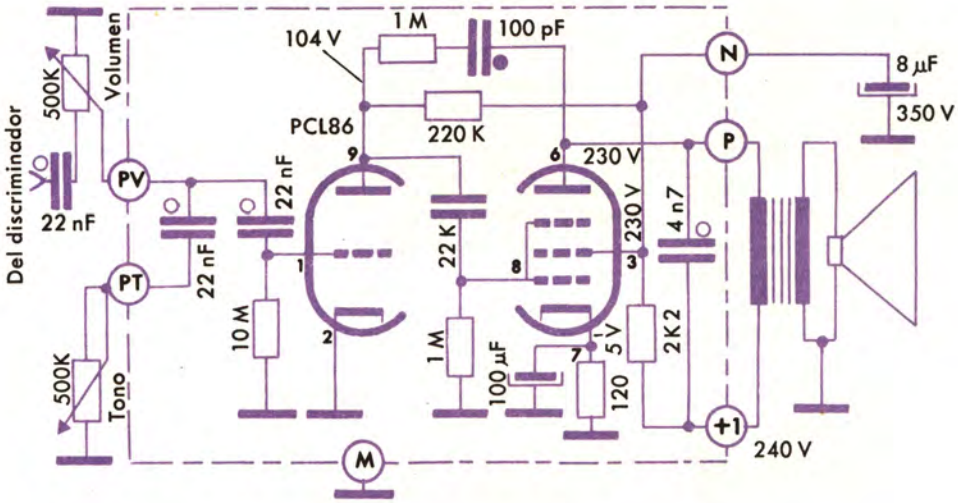


Figura 26. — Etapa similar a la anterior realizada sobre una pletina ya cableada según la técnica de los módulos (Micafix).

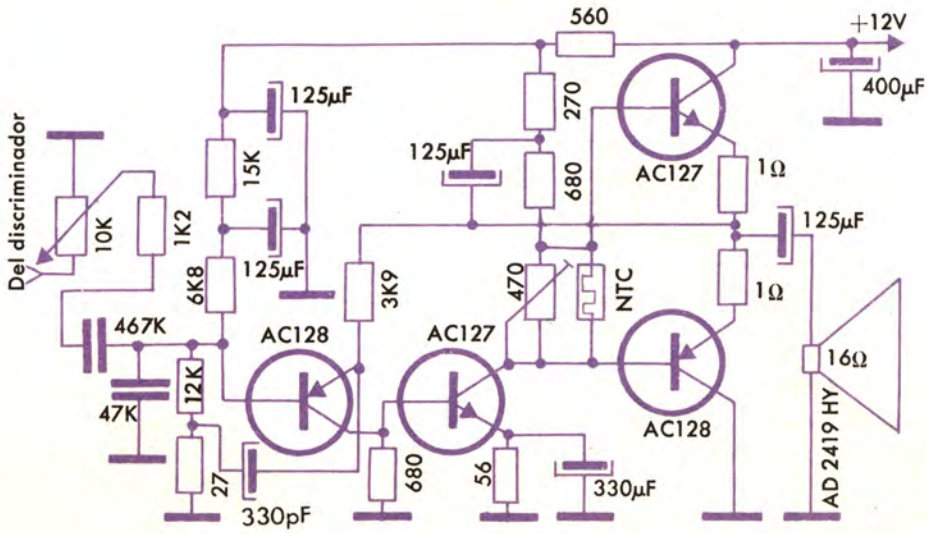


Figura 27. — Etapa corriente de salida con transistores acoplados en corriente continua. - Salida clase B con transistores complementarios.

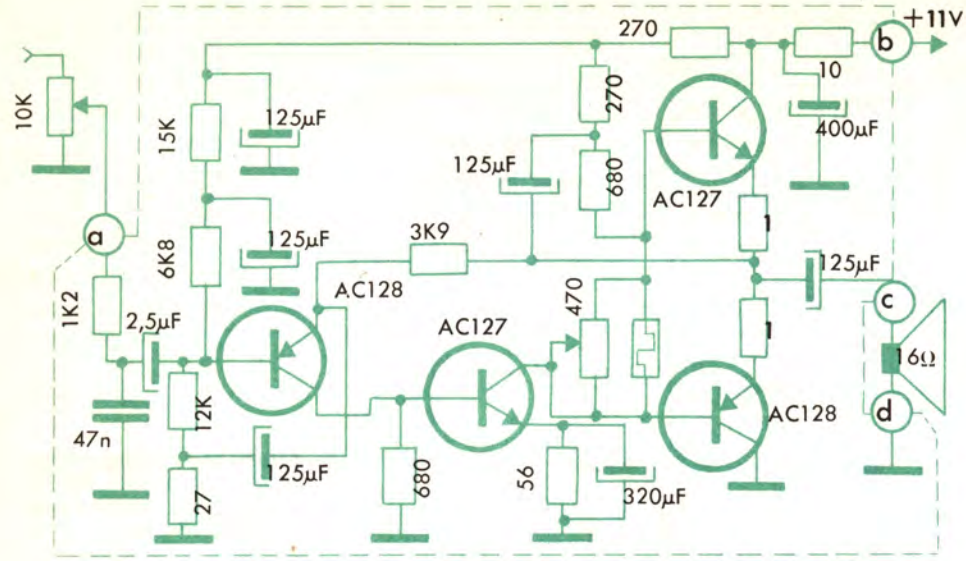
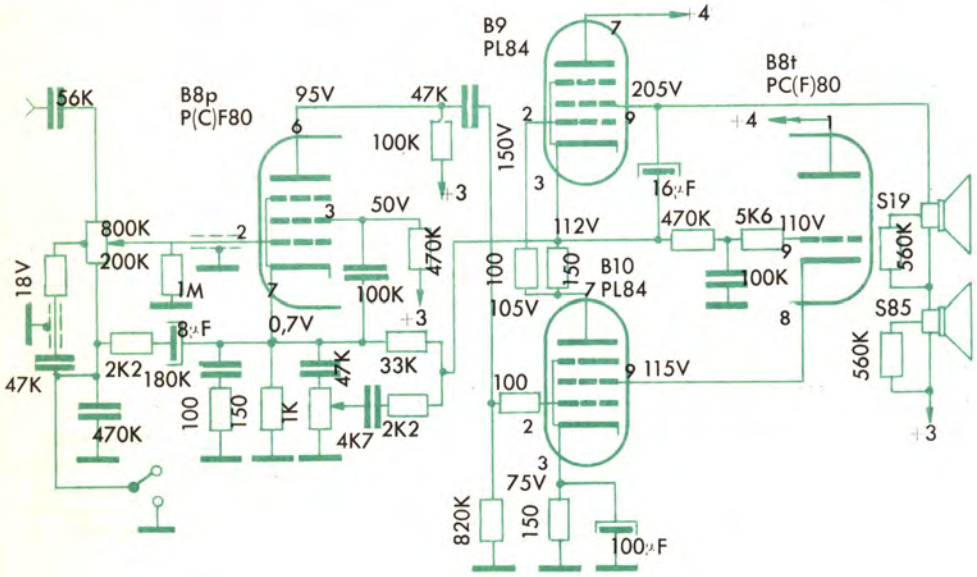


Figura 28. — La misma etapa anterior realizada según la técnica del circuito impreso (Huguet).



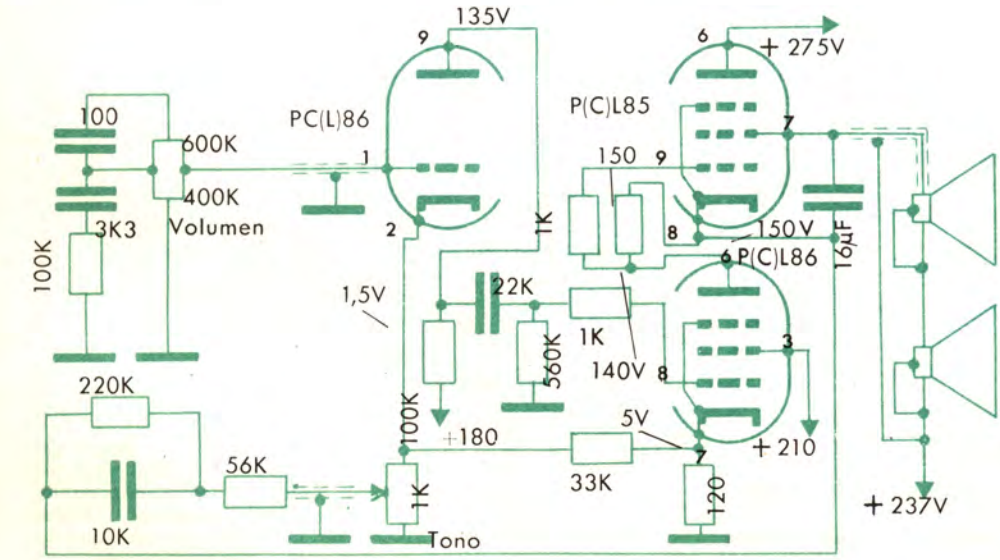


Figura 29. — Etapas amplificadoras de BF para televisores de calidad (Philips).

sario para dos altavoces y sin embargo es necesario un segundo altavoz. En efecto, el altavoz, digamos principal, no puede colocarse frontal, ya que no queda sitio en la «fachada» del mueble para ubicar un altavoz de diámetro suficiente y por ello se coloca siempre lateral; pero colocado lateral no pueden percibirse correctamente las notas agudas. En consecuencia es muy recomendable instalar un pequeño altavoz para notas agudas en la parte frontal del televisor, lo cual puede lograrse incluso adoptando un altavoz elíptico de unas 3" detrás de una rejilla decorativa prevista en la franja, donde están ubicados los botones de mando del televisor.

Otra cualidad que puede preverse es el control de volumen fisiológico con potenciómetros de toma intermedia. Las figuras 24 y 29 muestran circuitos de alta calidad, según la técnica de los altavoces de alta impedancia y el control fisiológico de volumen.

LA ETAPA DE ALIMENTACION DEL TELEVISOR

En principio, cuando consideramos un equipo electrónico valoramos cualidades y circuitos que son propios de su función sin prestar demasiada atención a los circuitos auxiliares, como es el de alimentación, circuito por demás siempre necesario.

Sin embargo, precisamente en el televisor este circuito es fundamental porque de él depende hoy día la duración o «vida» del televisor con pocas o muchas averías sencillas o importantes.

En efecto, la duración y posibilidades de todo aparato viene limitada por el calor. En electrotecnia, la potencia de un motor eléctrico está limitada únicamente por el calor generado y al exigirle demasiado el motor se quema porque no ha podido evacuar el calor; un cable eléctrico de transporte de energía puede conducir una intensidad de corriente cuyo valor máximo viene limitado únicamente por la posibilidad de evacuar el calor desarrollado, ya que de otra forma se quemaría el aislamiento, etc.

En el televisor existen muchas válvulas, transformadores y resistencias que se calientan y disipan el calor; si la constitución interna del televisor (disposición del chasis y ventilación natural interna del mueble) no permite una fácil evacuación de este calor desarrollado, los elementos se recalientan y envejecen rápidamente, con lo que el televisor tendrá frecuentes averías con la posibilidad de que en alguna de ellas se afecte a un elemento vital y reparándolo se le va «aguantando» hasta que en un momento dado esté totalmente «requemado» o envejecido sin que tenga ya una reparación completamente económica.

Partiendo de esta base hay tres principios fundamentales que nos deben orientar en el montaje, fabricación o elección de televisores. Todos los tres basados en el aspecto térmico:

1. Los televisores antiguos han durado y duran aún muchos años porque la longitud del cuello de los tubos de imagen obligaban a utilizar muebles de gran profundidad, que daban lugar a grandes espacios vacíos que permitían una buena disipación del calor. Los televisores modernos son del tipo extraplano, lo cual quiere decir que todos los componentes están «apretujados» en su interior y en general las rejillas de ventilación no alcanzan a permitir una circulación natural de aire eficaz. Sabemos que el televisor moderno tiene averías periódicas y duración limitada.

2. La alimentación de filamentos puede hacerse como veremos por transformador o autotransformador o por resistencias. Esta última solución es la más económica y la que ocupa menos espacio; sin embargo, es una solución que desarrolla mucho calor, que indefectiblemente recalentará los elementos vecinos y a todo el conjunto si el mueble no está muy bien estudiado desde el punto de vista térmico. Desgraciadamente es la más corriente por ser hoy día la más económica. De todos los televisores con averías los más frecuentes son los que presentan resistencias en la alimentación.

3. Si se puede escoger es preferible un televisor transistorizado, o cuando menos híbrido, que uno con válvulas en razón precisamente del calor desarrollado.

LA ALIMENTACION DE LOS TELEVISORES CON VALVULAS

Estos televisores consumen alrededor de 160 W, que se distribuyen aproximadamente por mitad en dos secciones y funciones básicas claramente diferenciadas:

— Caldeo de los filamentos de las válvulas.

— Suministro de la alta tensión continua, necesaria para crear los potenciales de servicio en las válvulas (rejillas pantallas, placas, etc.) y en otros elementos.

Veamos pues cada una de estas secciones.

El caldeo de los filamentos

Un televisor posee de 15 a 20 válvulas con tensión y corriente de filamentos que pueden ser diferentes.

En principio ya podemos hacer una diferenciación que nos marcará el método de alimentación de filamentos:

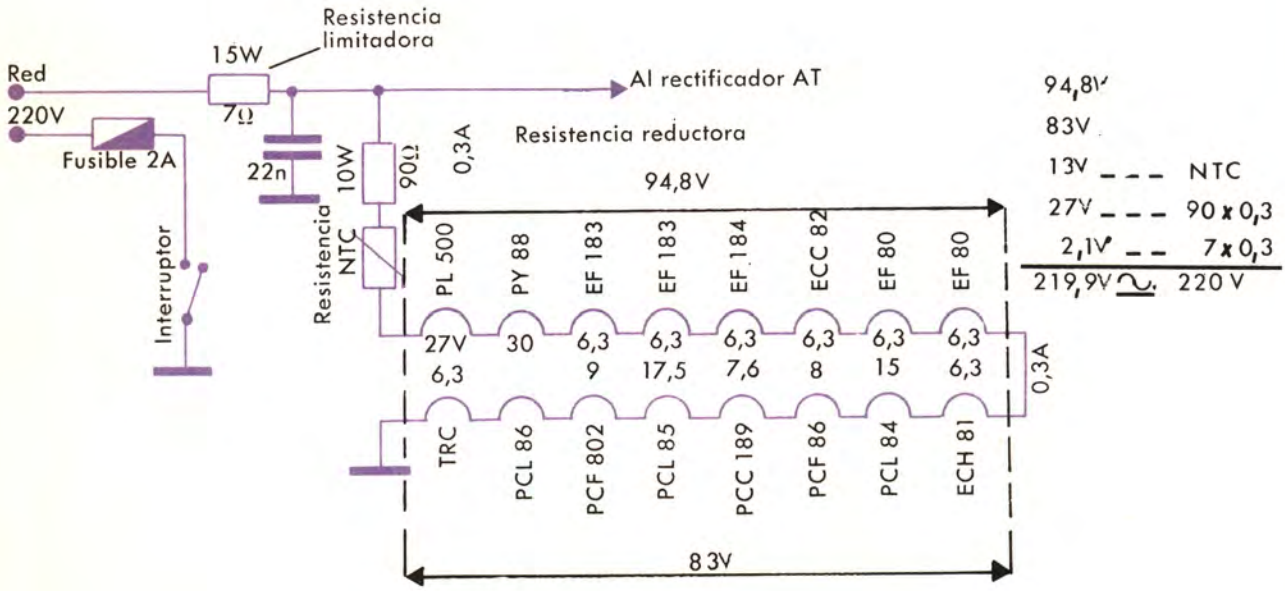
— Conectar en paralelo los filamentos de la misma tensión.

— Conectar en serie los filamentos con la misma intensidad de corriente en funcionamiento.

Sin embargo, el proyecto de un televisor nos puede llevar a adoptar un sistema serie paralelo, formando por ejemplo dos o más cadenas en paralelo de filamentos en serie o grupos en paralelo, con algunas secciones de filamentos en serie.

Es de señalar que muchas de las válvulas que se utilizan, incluyendo el tubo de imagen, son de 6,3 voltios. En consecuencia, los grupos de filamentos de baja tensión en paralelo obligan a utilizar transformador para reducir la tensión de la red a la del grupo en paralelo.

No obstante, la solución más adoptada hoy día es la de una o varias cadenas de filamentos de la misma intensidad nominal. Si la suma de tensiones nominales de los filamentos correspondiera con la red bastaría la conexión directa de la cadena a la red, pero esta casualidad casi nunca se da en la práctica.



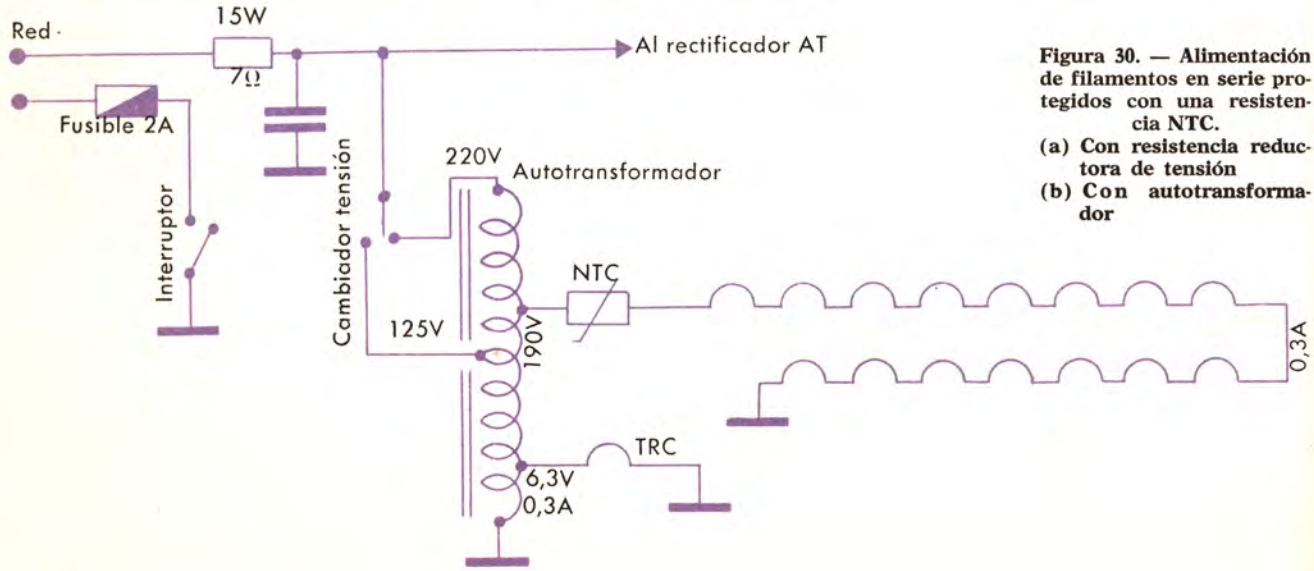


Figura 30. — Alimentación de filamentos en serie protegidos con una resistencia NTC.
(a) Con resistencia reductora de tensión
(b) Con autotransformador

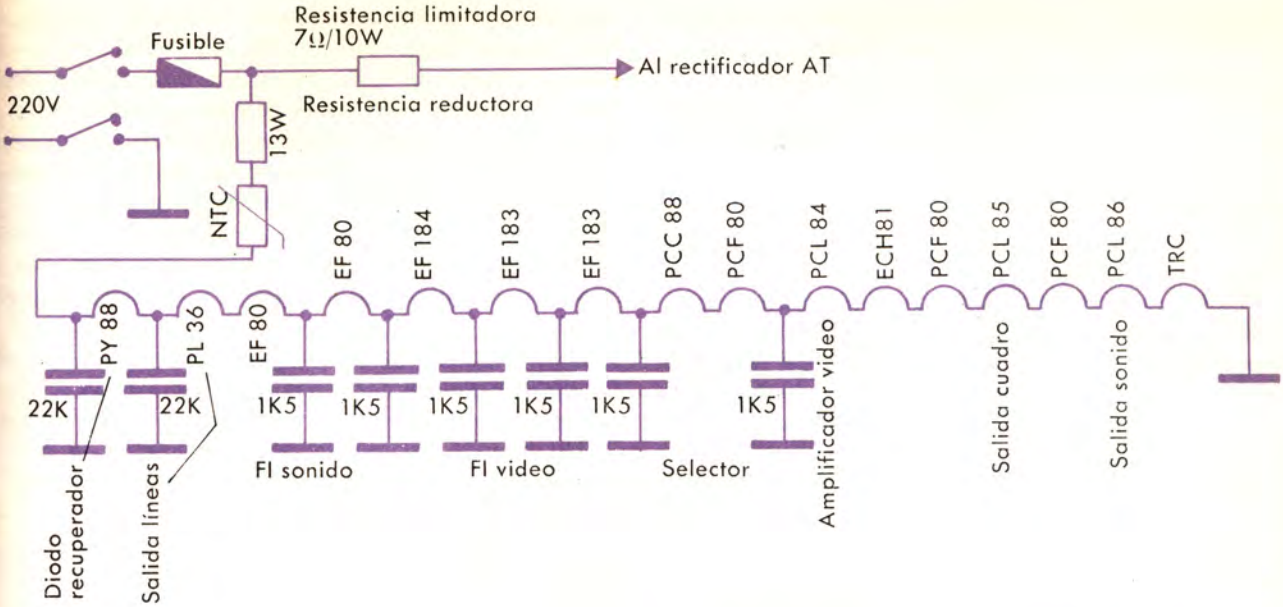


Figura 31. — Alimentación de filamentos por una sola cadena serie.

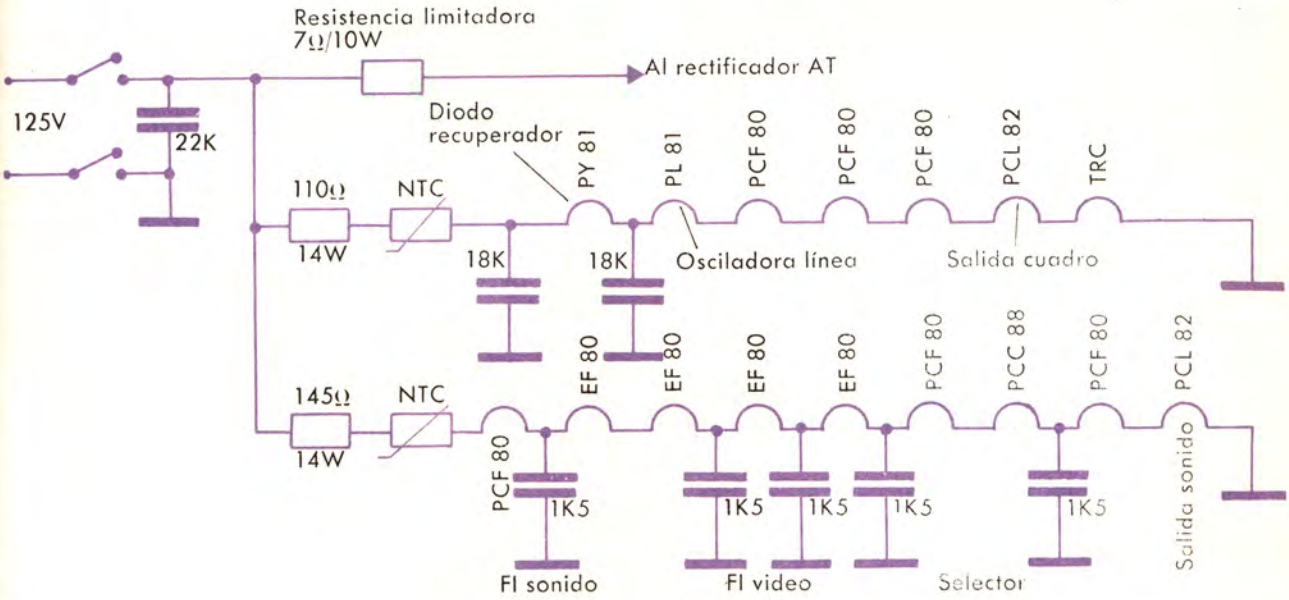


Figura 32. — Alimentación de filamentos en serie por dos cadenas en paralelo.

Para obtener una tensión que corresponda con la de la cadena existen dos soluciones: obtenerla por un transformador o autotransformador u obtenerla por caída de tensión a través de una resistencia. Es precisamente ahí, la elección entre estas dos soluciones, el caso que comentábamos de disipación del calor: la resistencia disipa mucho por el efecto Joule.

Cuando todos los filamentos se caldean en serie, es necesario adoptar algunas precauciones. La primera es la concerniente a la inercia térmica que ya fue citada en el estudio de los radiorrecep-

tores universales. La resistencia óhmica de los filamentos de las válvulas varía en gran manera con la temperatura y tiene muy poca resistencia en frío, por lo que en el instante de aplicar la tensión la cadena de filamentos se hallará sometida a tensión excesiva en frío, de donde circulará una corriente mayor que la normal con riesgo de fundir un filamento ya débil de por sí o el que tenga mayor inercia térmica.

Utilizando transformador, la propia reactancia del desarrollo actuará de freno o limitador del aumento de intensidad de corriente que por él circula y protegerá la cadena de filamentos; en cambio, en una alimentación con resistencia reductora de tensión, a la misma resistencia le ocurre lo propio (en general, en frío presenta menos resistencia) y el conjunto se halla sometido a sobretensión —y a sobrecarga— en los primeros instantes sin protección alguna.

Por ello es necesario prever algún dispositivo limitador y en la práctica se utiliza —incluso con la alimentación por transformador— con gran éxito una resistencia con coeficiente negativo de temperatura NTC y gran inercia térmica. De entre estas resistencias se han desarrollado modelos especiales para esta aplicación y al cabo de dos o tres minutos de funcionamiento después del encendido alcanzan un valor de régimen y la caída de tensión en ellas es alrededor de 13 V (fig. 30).

Otra consideración es que en el tubo de imagen, siendo un componente caro, se recomienda colocar su filamento en el lugar menos peligroso y este lugar es precisamente conectado al final de la cadena serie como muestra la figura 30 a y, por ello, en la 30 b se ha previsto una toma especial a 6,3 V en el autotransformador.

Por otra parte, algunas válvulas del televisor tienen el cátodo a tensión relativamente elevada y el aislamiento cátodo-filamento puede ser crítico. Por todo cuanto hemos citado, las cadenas de filamento se constituyen normalmente según el siguiente orden yendo del polo activo a la masa, encontrándose en primer lugar las válvulas de fuerte aislamiento entre filamento y cátodo, y siguiendo con las de potencia (fig. 31).

— Diodo de recuperación de líneas.
— Válvula salida de línea.
— Válvula salida de imagen.
— Válvula salida de sonido.
— Válvulas de frecuencia intermedia.
— Válvulas de alta frecuencia.
— Tubo de imagen.

Cuando la cadena se desdobla en dos, en razon que la tensión de alimentación de la red (por ejemplo, 125 V) no es suficiente para el total de los filamentos, se acostumbra también a distribuir las válvulas en función de su misión en el siguiente orden: el tubo de imagen, la válvula de salida de audio, la de salida de video y la de cuadro se colocan en la parte de masa de las cadenas para mejor protección y reducción del zumbido (figura 32). En este caso es aconsejable que cada cadena posea su resistencia NTC.

Por otra parte es preciso desacoplar ciertos filamentos como son los de RF, FI y el del diodo recuperador.

La alta tensión en corriente continua

La segunda sección de alimentación es la que provee la alta tensión para la alimentación de placas y rejillas pantallas de las válvulas en general y de algunos circuitos especiales. Esta sección consume aproximadamente 80 W, la mitad del consumo total del televisor (la otra mitad, 80 W, la cadena de filamentos), unos 300 a 350 mA bajo 250 V a 275 V.

Esta alimentación en alta tensión, después de su rectificación, se filtra en varias secciones ramificadas hacia distintas partes del televisor. La alta tensión puede obtenerse por un sistema de rectificación biplaca o montaje en puente de diodos con transformador de entrada, o bien por rectificación directa o por montaje doblador de tensión sin necesidad de transformador.

De hecho la alimentación clásica en alta tensión, con transformador y rectificadora biplaca o diodos en puente, se utilizó en los primeros televisores, pero hoy día ya no se emplea por razones económicas; por otra parte no trataremos esta alimentación por ser sobradamente conocida del estudio de la rectificación en el receptor de radio.

La alimentación que merece nuestra atención, por ser la que se utiliza prácticamente hoy en día en todos los televisores de válvula, es, teniendo en cuenta que se necesitan tensiones continuas de alrededor de 250 V:

— Rectificación directa, para red de 220 V.
— Montaje doblador, para red de 125 V.
— Rectificación mixta (directa/doblador) para 125/220 V.

Cabe señalar que estas tres soluciones, muy sencillas y con una gran seguridad de funcionamiento, han sido posibles sólo de un tiempo a esta parte y ello gracias a los progresos realizados en el campo de los condensadores de gran capacidad y en los de los semiconductores (selenio y silicio). Además, estas alimentaciones que hacen innecesario el transformador de alimentación presentan las ventajas muy sustanciales de eliminar este componente que es costoso, pesado y que puede originar

parásitos y zumbidos, amén de deformaciones en la imagen, caso de que se instalara demasiado cerca del tubo de imagen.

Para redes de 220 V, la figura 33 muestra el sencillísimo rectificador directo que pocos comentarios nos exige; sólo recordar que debe preverse una resistencia limitadora en serie con uno o dos diodos —generalmente de silicio— funcionando como rectificador de alternancia simple y cargando directamente el primer condensador de filtro.

Teniendo en cuenta que se necesitan alrededor de 250 V en continua, caso de alimentar el televisor a partir de la red de 125 V, comprendemos que se necesita elevar la tensión de la red por medio de un transformador o de un circuito doblador de tensión. Conocemos los dos sistemas y ya hemos indicado que hoy día sólo se utiliza el segundo. Analicemos pues rápidamente este circuito, que se representa en la figura 34 y que es del tipo de media onda.

Durante la primera alternancia de la tensión de alimentación se carga el condensador electrolítico C_1 y durante la segunda alternancia la tensión de alimentación queda en serie con la tensión en bornes del condensador cargado C_1. Dos tensiones en serie se suman y la tensión suma se rectifica por el diodo D_2, que carga el primer condensador electrolítico de filtro C_2.

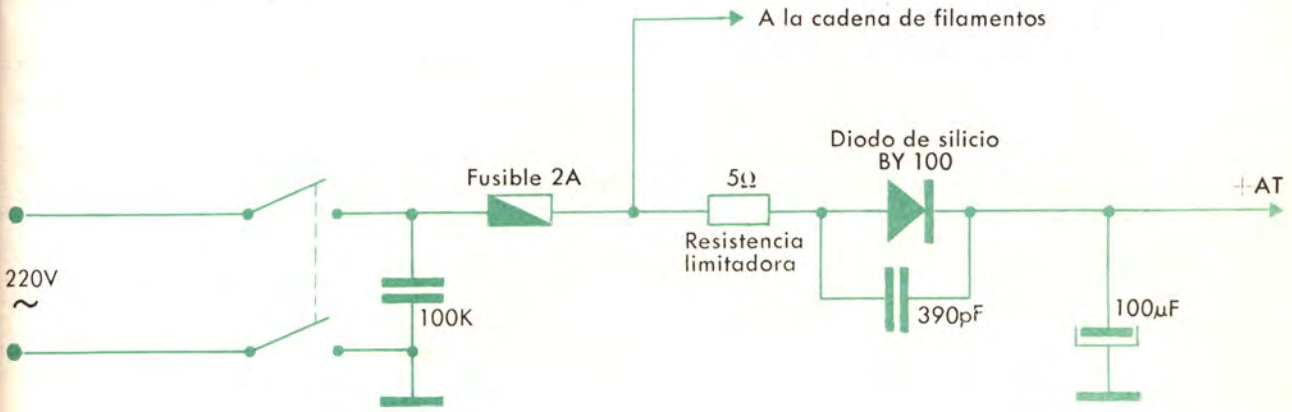


Figura 33. — Rectificación directa de la tensión de alimentación de un televisor a la red de 250 V.

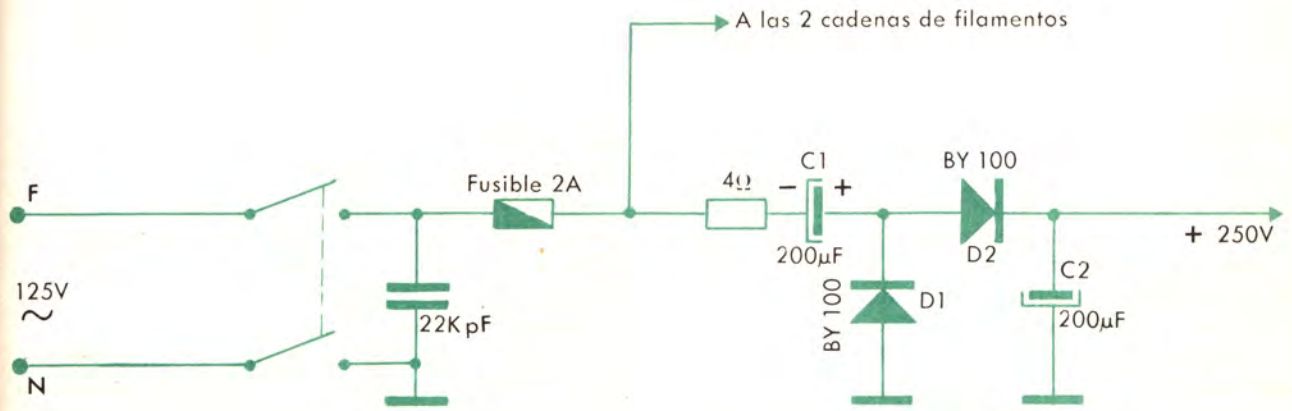


Figura 34. — Circuito rectificador de media onda tipo doblador de tensión.

Luego el condensador C_2 se carga a la tensión suma de la tensión máxima de la red y tensión en bornes del condensador cargado C_1, sensiblemente al doble de la tensión de la red. Despreciando caídas de tensión la tensión rectificada pulsatoria será

$$U_p = 2\sqrt{2}\,U_r$$

($\sqrt{2}$ porque se trata de la tensión máxima y no la eficaz.)

Realmente, el funcionamiento es el siguiente: supongamos que en un instante dado el polo N es el positivo (con relación al polo F). En este instante circulará corriente a través del diodo D_1 y C_1 que se cargará. En la alternancia siguiente, el polo F es positivo con relación a N y circula corriente a través de D_2 y C_2 que se cargará, ya que la corriente no puede pasar en sentido inverso por D_1. En esta segunda alternancia la tensión de la misma se suma a la que está presente en los bornes del condensador C_1, cargado en la alternancia anterior, y así sucesivamente y alternativamente. Es decir, siempre, en un sentido u otro alternativamente, habrá un condensador cargado, cuya tensión en los bornes se sumará a la tensión de alimentación en la alternancia presente.

La principal particularidad de este circuito reside en la calidad del condensador C_1, porque es recorrido alternativamente por una importante corriente de sentido inverso. Al propio tiempo este condensador necesita sólo una tensión de aislamiento mitad del de C_2 (ya que el C_1 se carga a la tensión de alimentación y el C_2 sensiblemente al doble).

Por ello, se han desarrollado para esta aplicación los llamados «condensadores dobladores de tensión» con constitución interna y calidad especiales, que se representan según indica la figura 35. Estos condensadores electrolíticos dobladores son normalmente del tipo bipolar *reversible* de 200 μF para 150 voltios de trabajo, para 1 A a 50 Hz.

El condensador C_2 acostumbra a ser de 100 μF para unos 1300 mA a 100 Hz y 300 V de trabajo.

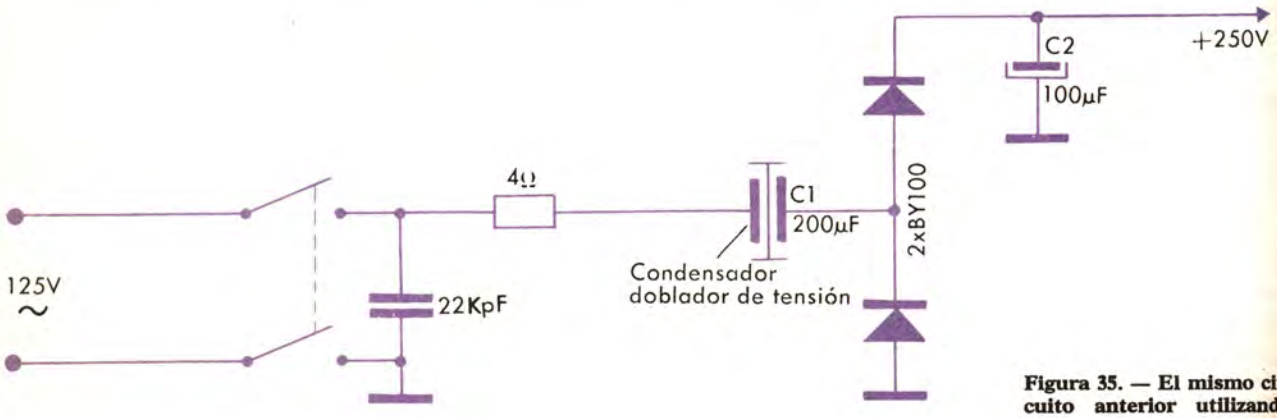


Figura 35. — El mismo circuito anterior utilizando condensador especial «doblador de tensión».

El filtro y las distribuciones en AT

Por el estudio de la rectificación y obtención de la alta tensión continua, para la alimentación de aparatos electrónicos, sabemos que a la salida del rectificador se obtiene corriente pulsatoria de 50 Hz en el rectificador de media onda (aunque sea doblador de tensión) y de 100 Hz en el de onda completa o de circuito puente. Conocemos igualmente la función del filtro que consiste en obtener corriente continua a partir de la corriente pulsatoria, a base de recortar los picos de las pulsaciones y «rellenar los huecos» entre dichas pulsaciones.

En teoría, indudablemente, no se obtiene nunca una corriente perfectamente continua, sino que siempre va acompañada de una componente pulsatoria o de una componente alterna. No obstante, cuanto mejor proyectado esté el filtro, menor amplitud de pulsación se obtendrá. Por otra parte en muchas aplicaciones no es necesario llegar a un «aplanamiento» muy elevado.

Es decir, según sea la naturaleza de los circuitos a alimentar podemos adoptar un sistema u otro de rectificación y un método u otro de filtrado. Conocemos perfectamente la cuestión por el estudio de los radiorreceptores y de los amplificadores de BF.

Para la alimentación del televisor sólo cabe señalar aquí que debido al gran número de circuitos

que comportan estos aparatos y sus variadas funciones, en un televisor se prevé siempre un filtro general clásico y después varias distribuciones con su filtro particular eventual, según sea el circuito a alimentar y la tensión continua requerida. Es decir, a partir de la rectificación se prevén diferentes tomas de alimentación en corriente continua.

La figura 36 resume a título orientativo las distribuciones que en general se prevén, sin que lo indicado implique que no puedan utilizarse otras más o menos equivalentes. Los circuitos de sonido son sensibles a la componente alterna u ondulación de 50 ó 100 Hz dando un zumbido en el altavoz, y esta denominación de zumbido se aplica por extensión a circuitos que no lo reproducen en sonido; por ejemplo, la componente alterna de la red se hace presente —si no se prevé el adecuado filtrado— en el circuito de video y, en consecuencia, en la imagen. También ocasiona problemas su interferencia en los circuitos de sincronismo.

Por regla general, se prefiere la inductancia por sus mejores cualidades de filtrado y menor caída de tensión; sin embargo, es un componente más caro y voluminoso que una resistencia.

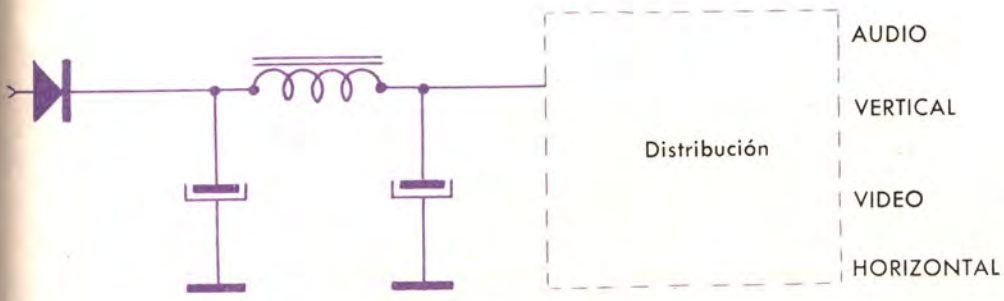


Figura 36. — Filtro clásico y distribución de alimentaciones a diversas etapas del televisor

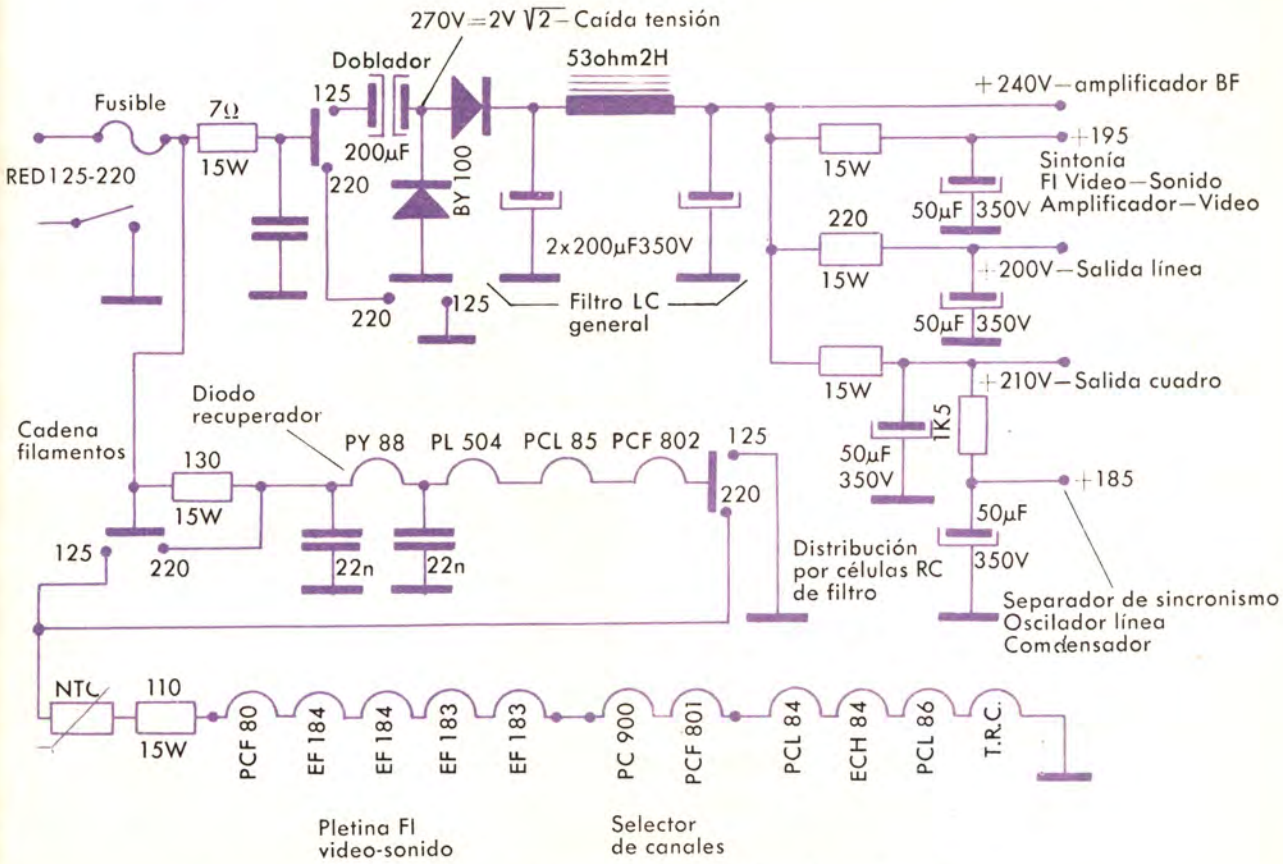


Figura 37. — Unidad completa de alimentación de un televisor para 125/220 V, con conmutación en cadenas de filamentos y para rectificación directa o por doblador de tensión. Filtro general LC y distribución por células de filtro RC.

El inductor de filtro conviene que sea de inductancia elevada, para atenuar al máximo la componente alterna y ser de la menor resistencia posible con el fin de producir la menor caída de tensión posible y en consecuencia menor pérdida de energía que se disipa en calor.

Por otra parte, por razones de economía, cuando una etapa es de poco consumo, cuando un cierto nivel de «zumbido» es aceptable o simplemente cuando se desea una tensión continua menor que la normalmente disponible, se adopta la célula de filtro RC. De hecho, en un televisor, la sección de distribución de alta tensión está compuesta de células LC (con inductancia de filtro) y de células RC (con resistencia de filtro). En los televisores económicos se utilizan los filtros RC.

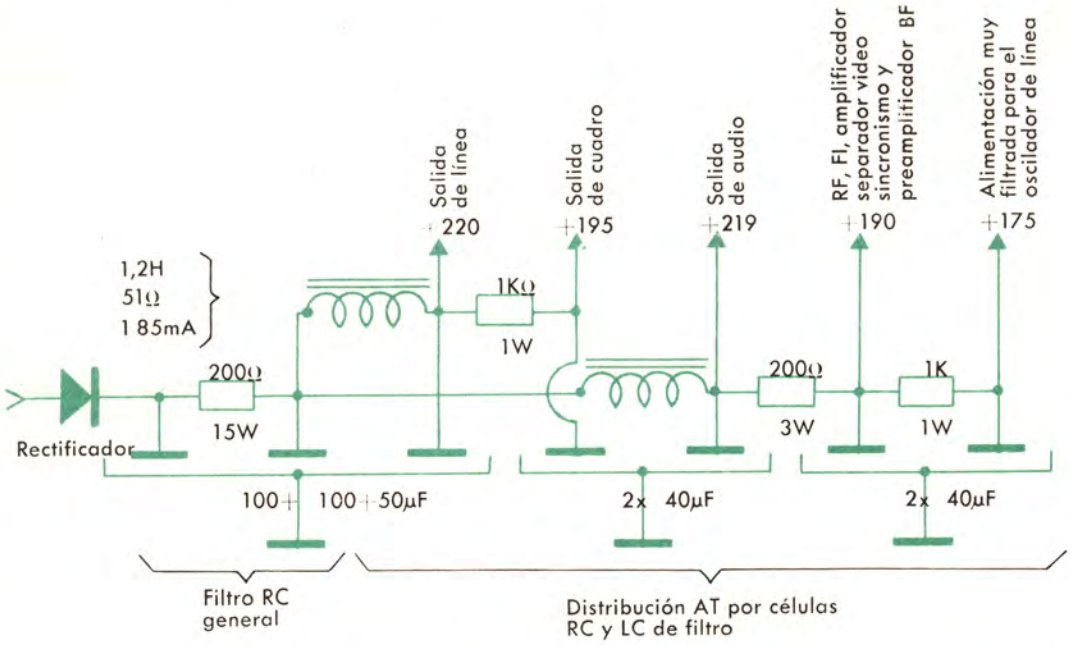


Figura 38. — Red de distribución en AT de un televisor con células de filtro LC y RC.

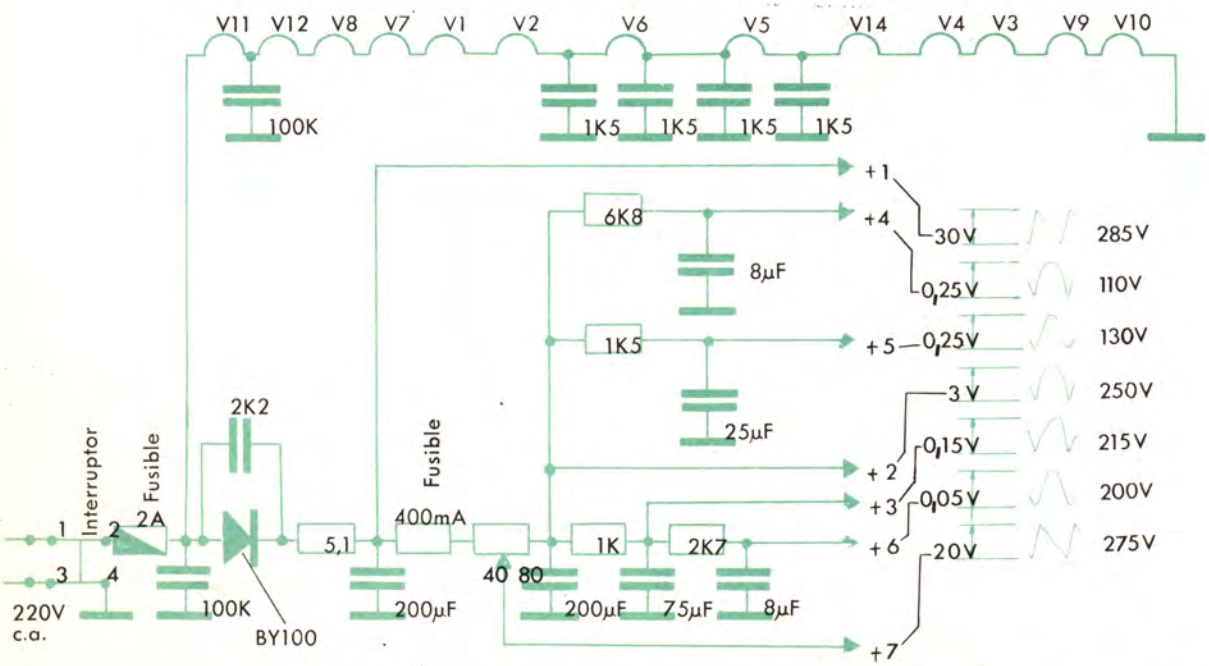


Figura 39. — Unidad completa de alimentación de un televisor para 220 V, utilizando únicamente una red de filtros RC, con indicación de las tensiones continuas obtenidas y la amplitud y tipo de ondulación de dichas tensiones.

ESTABILIZACION DE LA TENSION DE ALIMENTACION DE LOS TELEVISORES CON VALVULAS

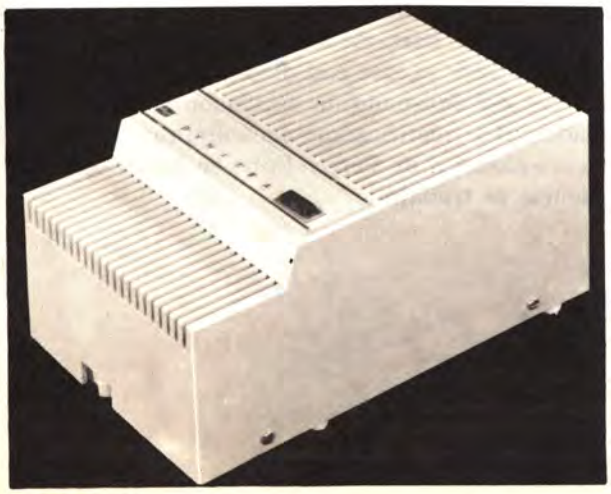
Sabemos que las redes públicas de alimentación en energía eléctrica presentan valores de tensión diferentes de un punto a otro. La tensión es más alta (por encima de la nominal) cerca del transformador de distribución y es más baja en el extremo opuesto.

Al propio tiempo, debido a la conexión y desconexión de aparatos eléctricos en la red, de un instante a otro puede variar el valor de la tensión en un mismo punto.

El televisor es un aparato que se resiente de las variaciones de tensión y de los valores de tensión diferentes de los nominales, tanto en su repercusión en los circuitos de alta tensión en corriente continua como en los de filamentos en corriente alterna, muy especialmente las cadenas de filamentos alimentados en serie sin transformador

Una tensión de alimentación más baja de la nominal implica filamentos subalimentados, en especial el del TRC, con lo que la imagen tiene poco contraste; en general todo el televisor presentará menor amplificación y menor estabilidad por parte de los circuitos de sincronización y CAG.

Una tensión de alimentación excesivamente alta tendrá síntomas contrarios —«el televisor funcionará muy bien»—, pero como los filamentos trabajarán forzados y los altos potenciales en corriente continua crearán campos excesivamente intensos, los componentes envejecerán más o menos rápidamente con peligro de fundir algún filamento o agotar un componente. Si el filamento es el del TRC y si es la pantalla la que se agota por bombardeo violento del haz electrónico, excesivamente acelerado por los campos creados a mayor potencia en el tubo, la avería será costosa y comprometida.



Para paliar estos inconvenientes se han desarrollado los llamados *Aparatos estabilizadores de tensión,* especialmente proyectados para la carga que representa el televisor (fig. 40). Hoy día estos aparatos son casi exclusivamente del tipo *ferro-resonante,* es decir, de inductancias con núcleo de hierro saturable. Su constitución es realmente una combinación de inductancias saturables y condensadores electrolíticos, cuyo proyecto presenta muchas variables; es decir, son aparatos que si han de ser de calidad son muy complicados de proyectar, sólo al alcance de técnicos muy especializados.

Es preferible no utilizar estabilizador antes que uno mal proyectado o de mala calidad. Los hay que no estabilizan y, peor aún, dan lugar a sobretensiones que provocan averías inmediatas en el televisor.

¿Cómo conocerlos por métodos sencillos? El más simple es alimentar el televisor con el estabilizador y conectar un voltímetro entre bornes del de la conexión. Con ello se vigila el valor de tensión, sus variaciones y si se producen las temibles sobretensiones (fig. 41).

Decimos que el método es muy simple ya que el voltímetro nos indicará la tensión eficaz y, en realidad, a la salida de estos estabilizadores se obtienen tensiones alternas con formas de onda muy variadas, y raramente el valor máximo de la tensión está en relación con el eficaz como con la onda senoidal que es

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

y entonces la lectura del voltímetro no nos es representativa.

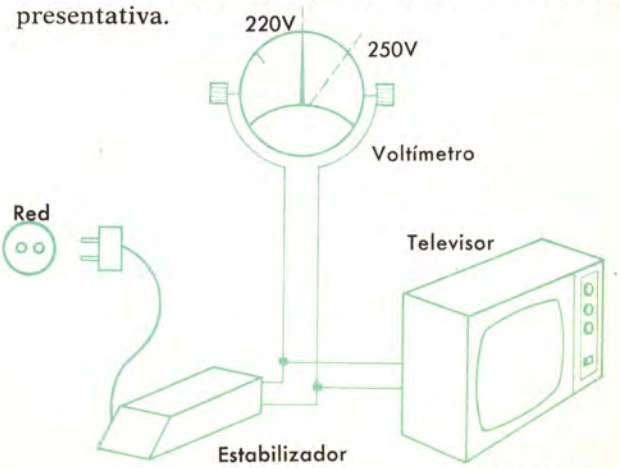


Figura 41.

CONVERTIDORES PARA LA ALIMENTACION DE LOS TELEVISORES A VALVULAS CON UNA BATERIA

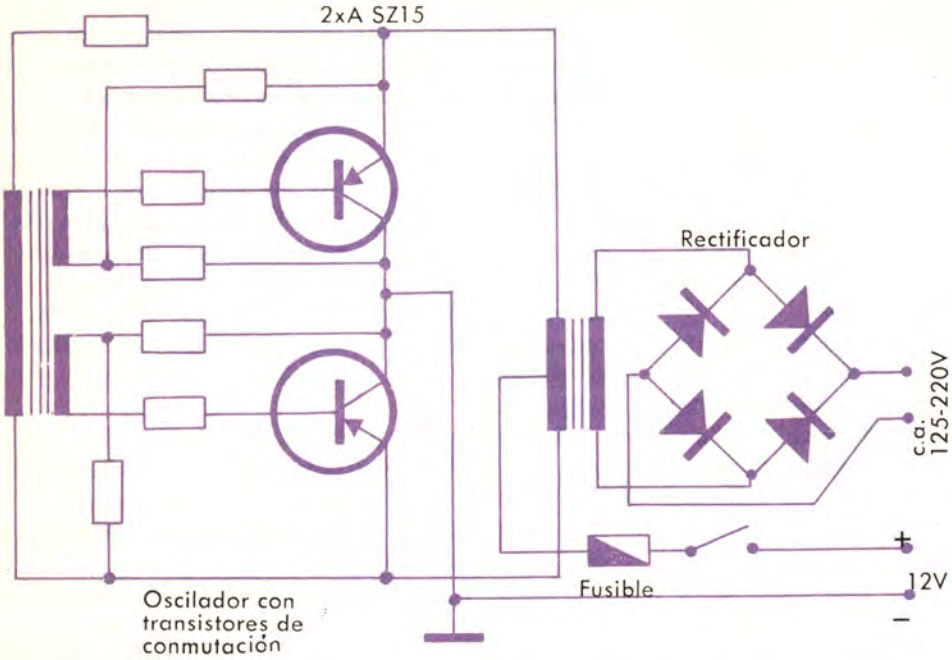


Figura 42. — Esquema teórico de un convertidor transistorizado de c.c. a c.a.

En zonas rurales donde no se disponga de fluido eléctrico hay dos alternativas para el funcionamiento de un televisor.

1.ª Que el televisor sea totalmente transistorizado.

2.ª Que el televisor sea híbrido o «todo válvulas».

En el primer caso basta conectarlo a la batería propia del aparato o a una batería externa; no obstante se deberá prever un sistema de recarga de la batería (por arrastre con motor de combustión, generador de molino de viento, etc.). No obstante, los televisores completamente transistorizados, hasta la fecha son en general de pantalla pequeña (11 ó 12").

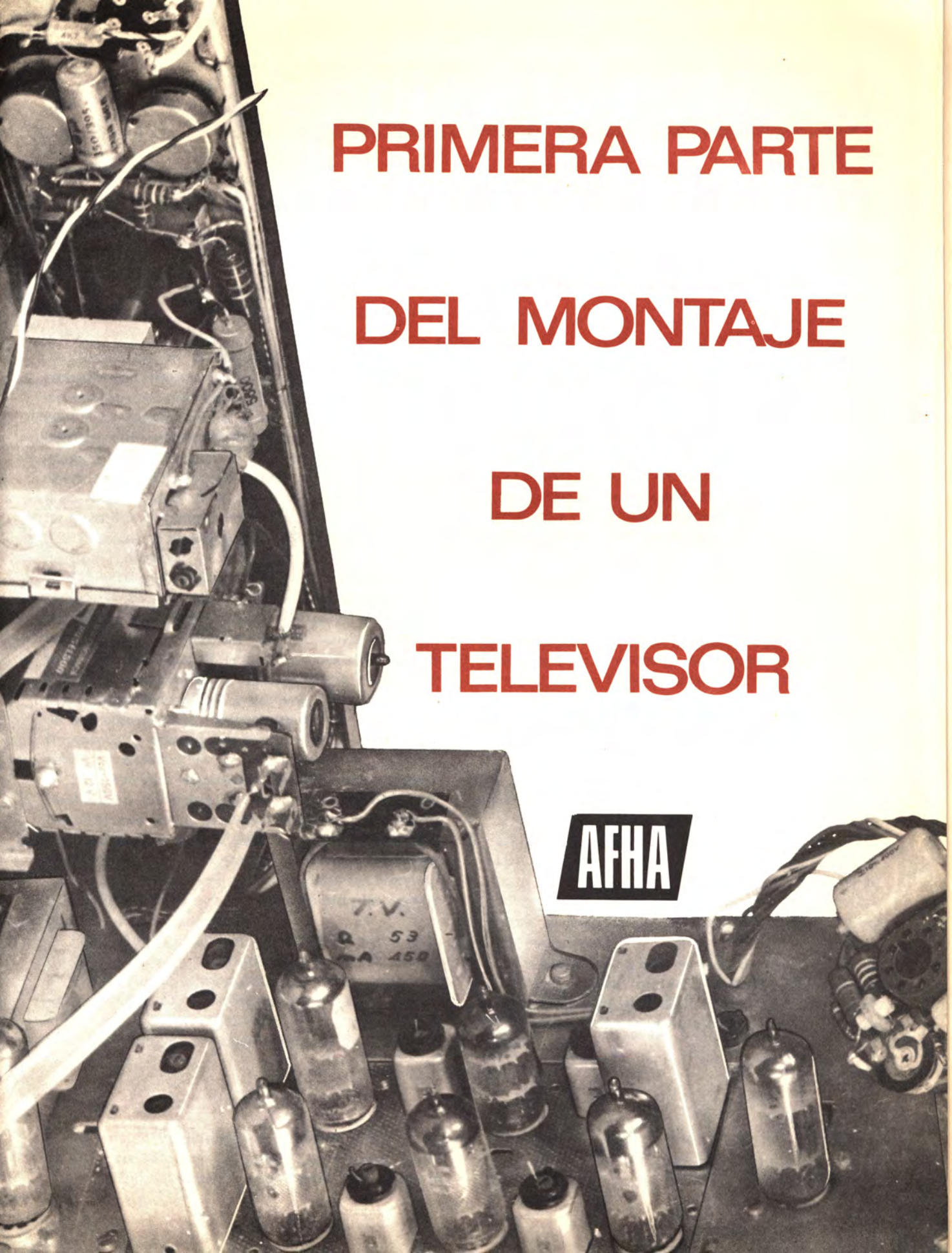
Cuando se desea un televisor de pantalla grande, por ejemplo hasta 23", este televisor será del tipo híbrido o todo válvulas, es decir, tendrán que alimentarse unos filamentos y producir una alta tensión continua para placas y pantallas. En estos casos se prevé una alimentación sobre baterías de suficiente capacidad, que se van recargando con un motogenerador o con un generador de molino de viento, cuya tensión continua (12 ó 24 voltios) debe transformarse en alterna a 125 o 220 V por medio de un convertidor.

Antiguamente los convertidores eran del tipo rotativo o mecánico por vibrador; hoy en día son aparatos estáticos transistorizados. Su principio, constitución y funcionamiento nos es conocido por el estudio de los circuitos con transistores, y sólo a título de recordatorio señalamos en la figura 42 el esquema típico de un circuito genérico de estos aparatos. Consisten básicamente en un oscilador conmutando con transistores, especialmente proyectados al efecto, un transformador que eleva esta corriente alterna de frecuencia y forma de onda según el circuito adoptado —generalmente de frecuencia bastante más alta que la industrial— y rectificador puente con diodos. Los núcleos magnéticos del devanado de oscilación y del transformador del rectificador acostumbran a ser de hierro-níquel o de Ferrox-Cube en razón de la frecuencia de trabajo.

* * *

APENDICE

PRIMERA PARTE DEL MONTAJE DE UN TELEVISOR



lección práctica

CONSTRUCCION DE UN TELEVISOR
1ª PARTE

MONTAJE DE UN TELEVISOR

Cuando no se ha montado ningún televisor o circuito electrónico complejo, correspondiente a un aparato de televisión, la empresa nos parece problema muy difícil y llena de dificultades. El público que desconoce la materia, cuando tiene ocasión de contemplar el circuito de uno de estos aparatos, no comprende cómo la persona conocedora de esta técnica es capaz de distinguir, entre tantos hilos y componentes, la parte o elemento que interesa, pongamos por caso cuando se trata de una reparación.

Creemos que la diferencia fundamental en estos casos estriba en que el público en general contempla un conjunto bastante complejo, por lo que ve muchas cosas, pero en realidad ninguna con detalle, mientras que el técnico, después de una visión del conjunto, pasa a observar las varias etapas o etapa interesada, y por tratarse del circuito de una lámpara sus conocimientos le permiten distinguir cada uno de los componentes con la función que desarrolla.

Lograda esta separación, aislamiento o individualización del conjunto de los componentes del televisor por parte del observador, la cuestión ya no resulta tan complicada, aunque lograr esta cualidad es necesario para el conocimiento de los circuitos o etapas de que se compone un televisor y la práctica de los montajes más simples que se han venido realizando.

Por tanto, considerando cuanto hemos indicado anteriormente, el montaje del televisor, en vez de efectuarlo en su conjunto, lo realizaremos por partes, de forma, y esto es lo interesante, que en cada momento sepamos qué es lo que estamos haciendo, cuál es su misión dentro del conjunto del aparato y, lo que quizá más debe preocupar, qué síntomas podrá presentar el aparato si algún día esta parte deja de funcionar correctamente, o sea, si se produce una avería en el aparato.

Insistimos sobre este particular aspecto de conocer la misión de cada etapa sobre el funcionamiento del televisor en su conjunto y de pensar en las causas que sobre el aparato incidirán si dicha etapa deja de funcionar correctamente. Lo importante no está, precisamente, con todo y serlo, en saber colocar una serie de componentes ordenadamente y bien conectados entre sí, sino en saber dónde, en qué parte o partes del circuito puede estar la causa de un funcionamiento irregular del aparato debida a una avería. Aquí, tanto o más que en el montaje, es donde el técnico debe demostrar sus conocimientos en la materia. Por ello recomendamos, aparte de prestar una máxima atención a la parte digamos física del montaje, no olvidarse de pensar en la parte teórica del mismo e intuir desde el principio lo que le pasará al aparato en caso de que la etapa falle, por defecto de alguno de sus elementos.

Para el montaje será necesario una gran cantidad de material, cuya descripción detallada de las piezas de uso corriente omitiremos, por considerar al interesado lo suficientemente familiarizado con esta clase de componentes; solamente ofreceremos la descripción de aquellos que consideremos especiales.

Hechos estos primeros comentarios que consideramos de gran interés, pasemos a describir el esquema de base al cual deberemos efectuar —teóricamente— todo el montaje del aparato de televisión.

EL ESQUEMA

El mismo comentario que hemos hecho referente al circuito real del aparato podríamos hacer con relación al esquema, pero para confirmar lo indicado, en cuanto a la visión de un conjunto o la visión de una parte de este conjunto, en las figuras 1 y 2 ofrecemos dos esquemas prácticamen-

te idénticos; uno, de conjunto y otro, con las diferentes etapas separadas. Observaremos la gran diferencia entre ellos, ya que el segundo es mucho más claro y comprensible, por tener cada una de las partes convenientemente agrupadas.

Otra cuestión importante es saber cuál será el esquema a emplear en la descripción teórica del montaje; en principio tendremos en cuenta que no todos los esquemas de los televisores comerciales son iguales. Son diferentes entre ellos, pero estas diferencias son pequeñas en el fondo, pues los principios son los mismos, las sensibilidades prácticamente idénticas, las normas de la señal a transformar en imagen y sonido idénticas, y el interés en ofrecer un máximo de cualidades a un mínimo precio con una seguridad de comportamiento cuanto más alta mejor; éstas son cualidades comunes a los varios tipos existentes.

Es natural que para el montaje de un aparato debamos valernos de un esquema único, pero en este caso consideramos más acertado ofrecer en cada caso una o más variantes, ya que lo importante no está solamente en montar un televisor, sino en conocerlo y en vivir prácticamente sus etapas.

Considerando que ya hemos elegido el esquema o esquemas, en las figuras 3, 4 y 5 ofrecemos varios circuitos con válvulas, híbridos (válvulas y transistores) y totalmente transistorizados. En todos ellos distinguiremos la parte de alta frecuencia, la de sonido, la del tubo de imagen y el conjunto de etapas destinadas a lo que podríamos considerar los «servicios» del televisor. Como lógicamente puede suponerse hay unas partes, como son las de alta frecuencia, en las cuales el montaje es particularmente crítico, mientras que otras no lo son tanto. En particular la parte de alta frecuencia requiere especiales cuidados, cuando el montaje se efectúa a mano, o sea, con colocación al aire de los componentes y sus uniones entre ambos, ya que en los circuitos de frecuencias elevadas, como los de VHF y UHF, bastan pequeñas variaciones de colocación para dar lugar a cambios en las constantes del circuito o para dar lugar a reacciones indeseables que luego resultan difíciles de eliminar.

Hemos querido recordar lo anterior no sólo para demostrar la gran ventaja que presentan para estos montajes de televisión el empleo de circuitos impresos, adecuadamente diseñados, sino también para indicar o recordar que en estos circuitos, una vez ajustados, es de la mayor importancia no modificar la situación física de los componentes, ya que de hacerlo pueden introducirse variaciones en el ajuste de los mismos por cambio de las capacidades parásitas.

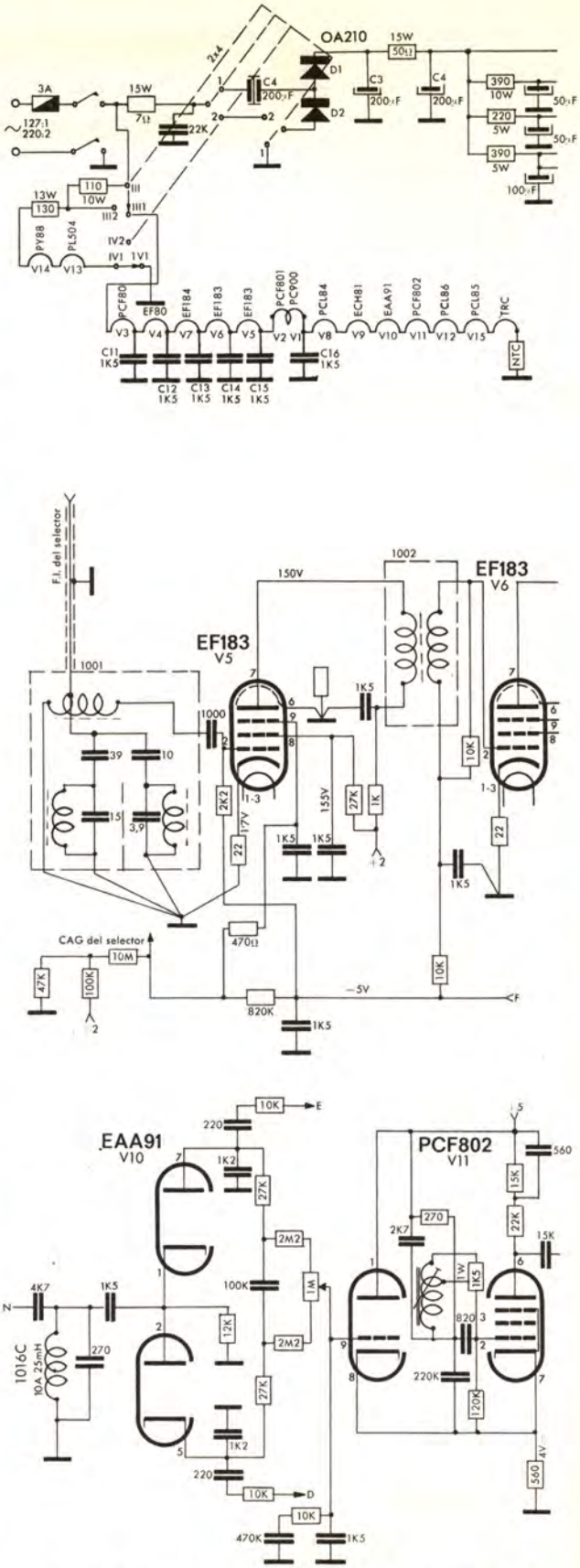
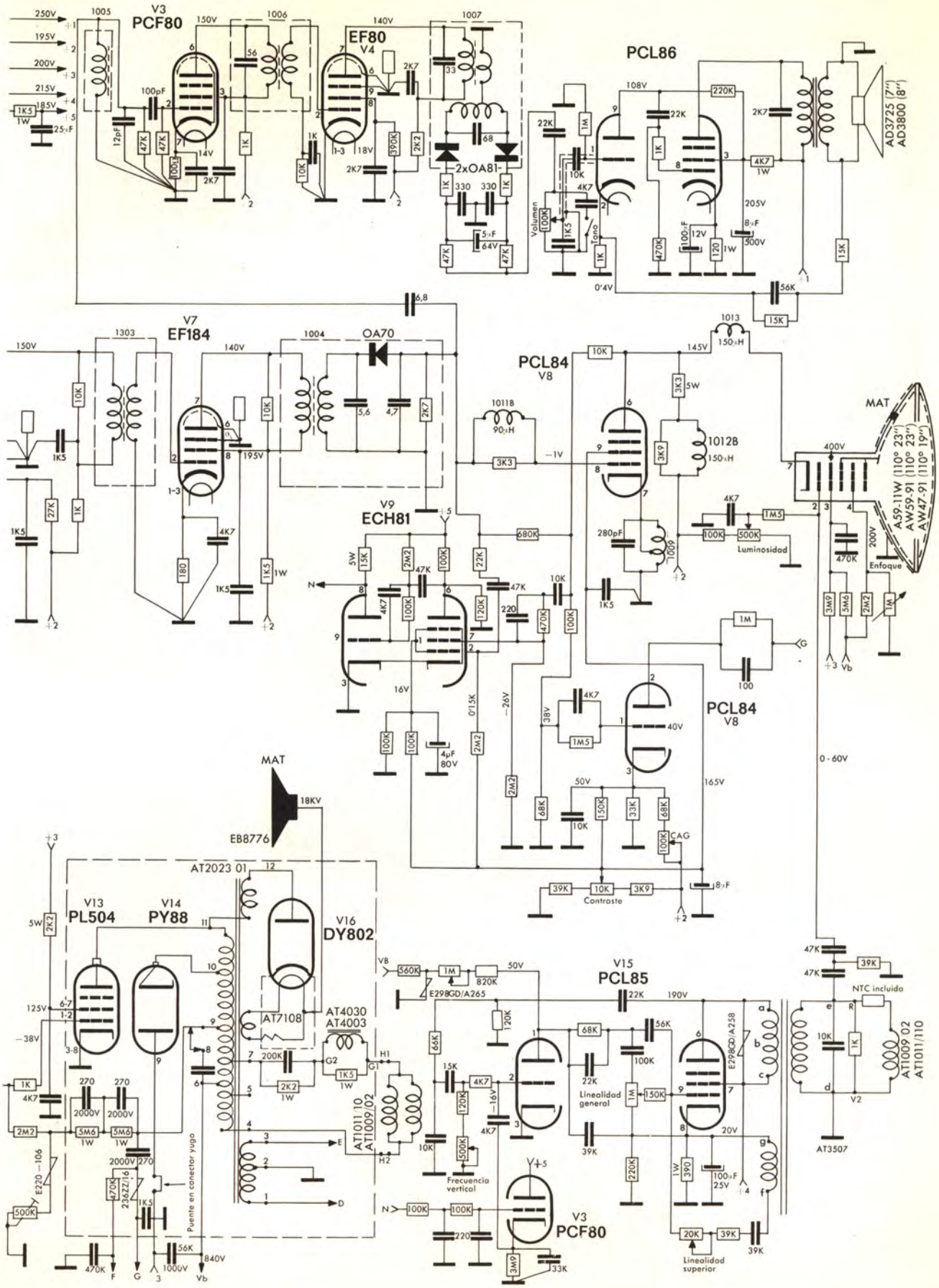
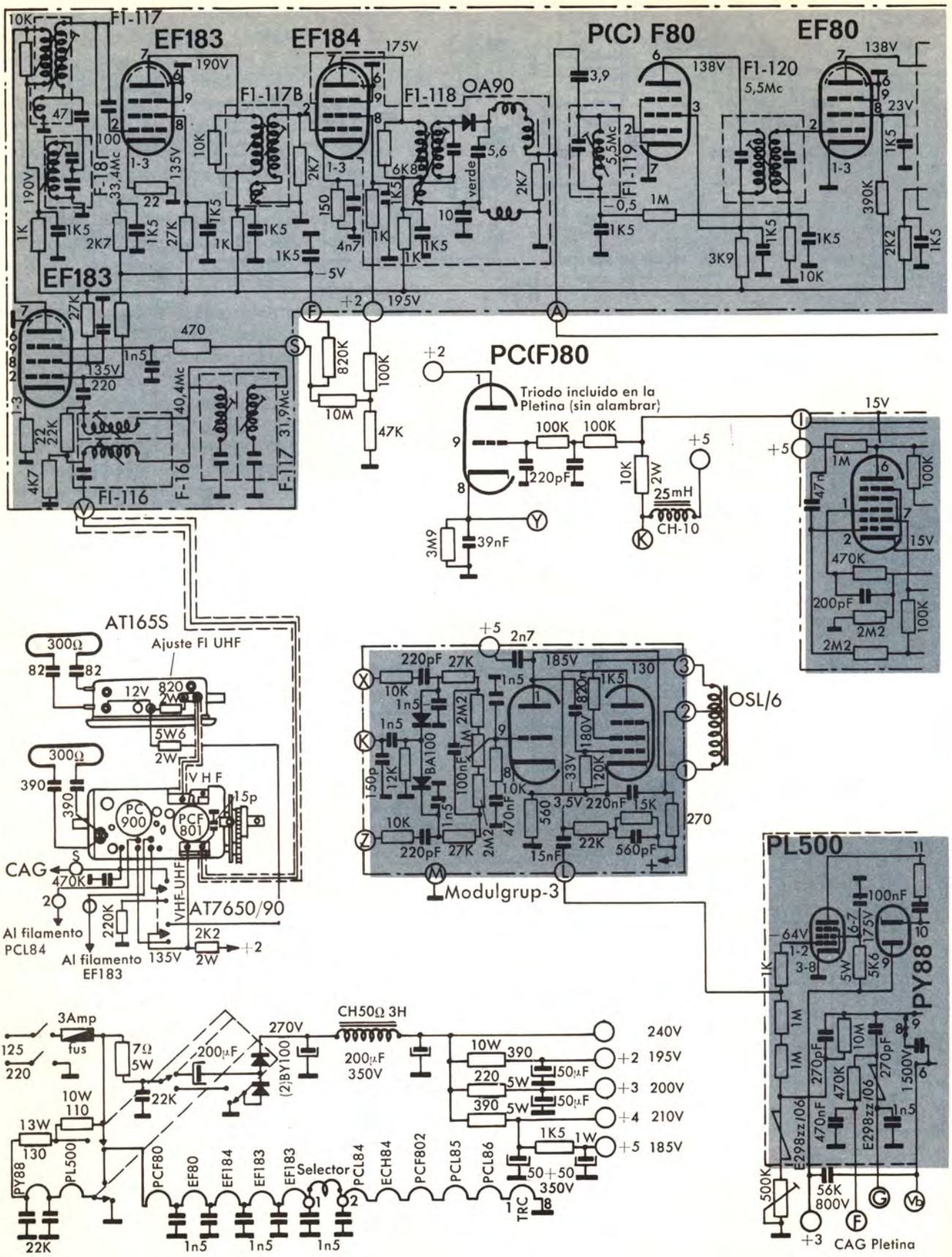


Figura 1. — Esquema eléctrico de un televisor presentado en forma común.


V3
PCF80
EF80
V4
PCL86
AD3725 (7")
AD3800 (8")
2xOA81
Volumen
Tono
V7
EF184
OA70
PCL84
V8
MAT
A59-11W (110° 23")
AW59-91 (110° 23")
AW47-91 (110° 19")
Luminosidad
Enfoque
V9
ECH81
PCL84
V8
MAT
EB8776
18KV
AT2023 01
V13
PL504
V14
PY88
V16
DY802
AT7108
AT4030
AT4003
AT1011 10
AT1009 02
Puente en conector yugo
V15
PCL85
E298GD/A265
E298GD/A258
Linealidad general
Frecuencia vertical
V3
PCF80
Linealidad superior
CAG
Contraste
NTC incluida
AT1009 02
AT1011/110
AT3507


EF183
EF184
P(C) F80
EF80
F1-117
F1-117B
F1-118
OA90
F1-119
F1-120
5,5Mc
F-18
33,4Mc
F1-116
F-16
F-117
31,9Mc
40,4Mc
PC(F)80
Triodo incluido en la Pletina (sin alambrar)
CH-10
25mH
OSL/6
Modulgrup-3
AT165S
Ajuste FI UHF
PC 900
PCF 801
VHF
VHF-UHF
CAG
AT7650/90
Al filamento PCL84
Al filamento EF183
PL500
PY88
E298zz106
CAG Pletina
3Amp
fus
125
220
CH50Ω 3H
(2)BY100
200µF 350V
240V
195V
200V
210V
185V
Selector
PCF80
EF80
EF184
EF183
PCL84
ECH84
PCF802
PCL85
PCL86
TRC

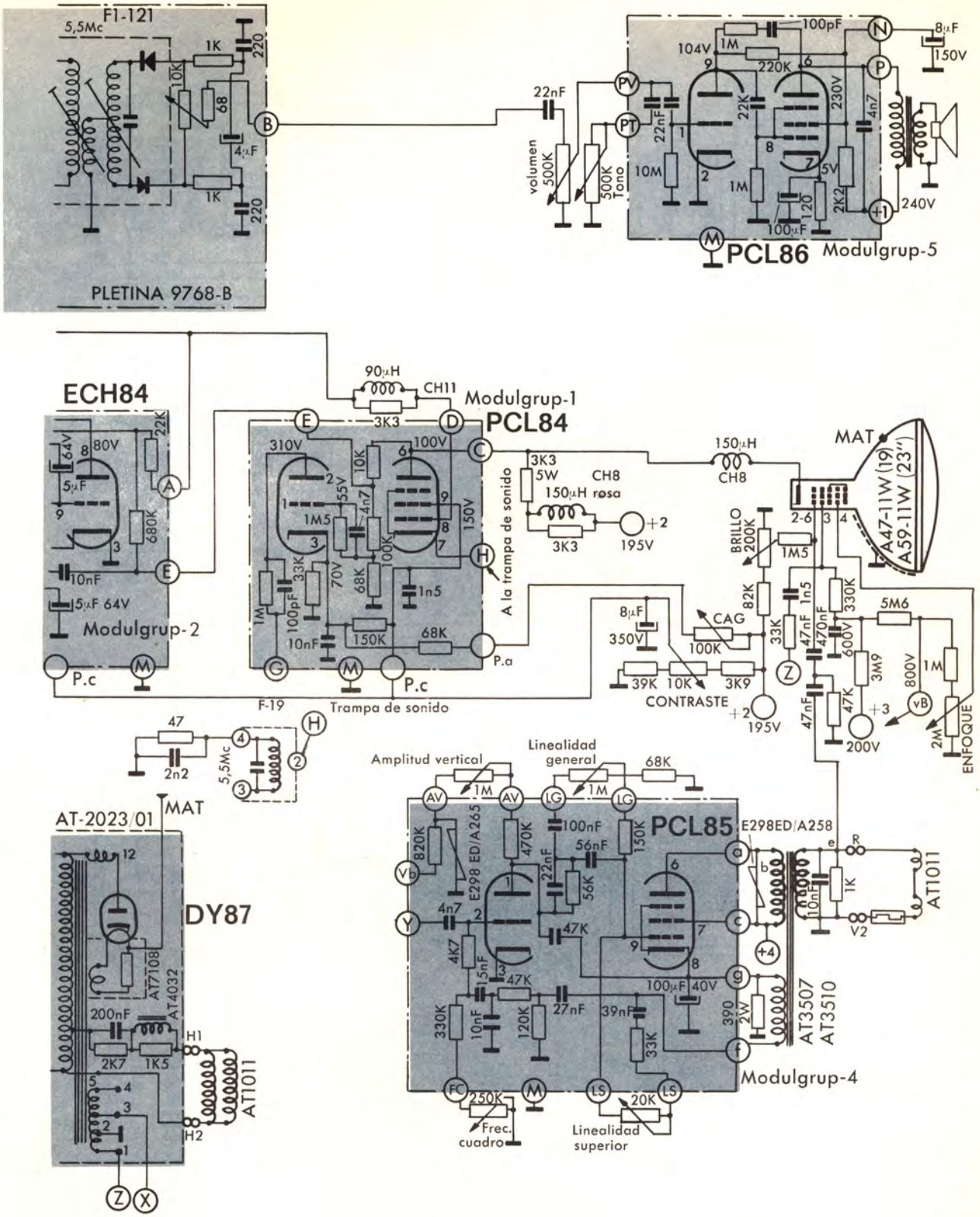
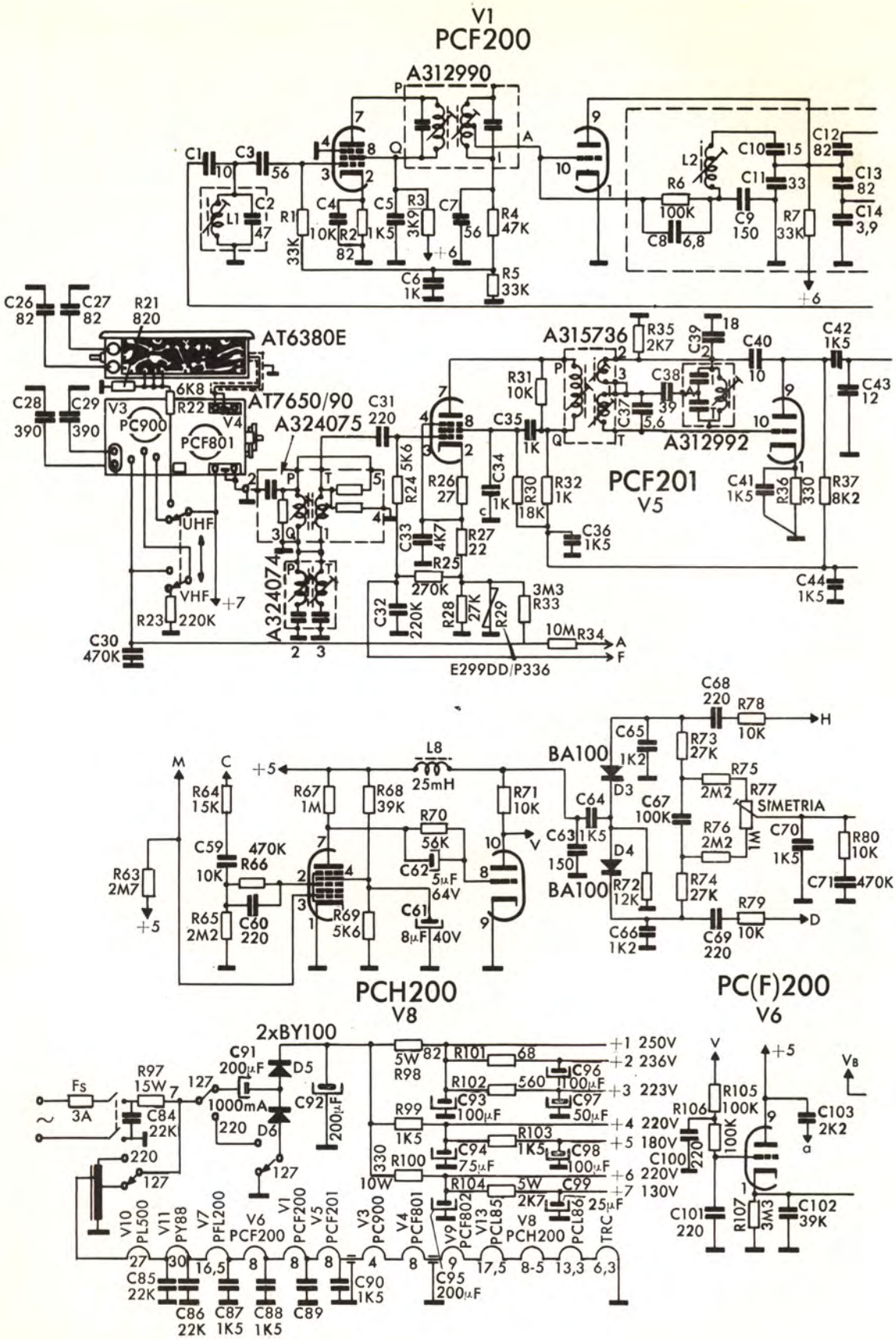


Figura 2. — Esquema eléctrico, prácticamente idéntico al anterior, pero presentado en forma de bloques o conjuntos.


V1
PCF200
A312990
AT6380E
AT7650/90
A324075
A324074
PC900
PCF801
A315736
A312992
PCF201
V5
E299DD/P336
PCH200
V8
PC(F)200
V6
2xBY100
SIMETRIA
BA100
UHF
VHF

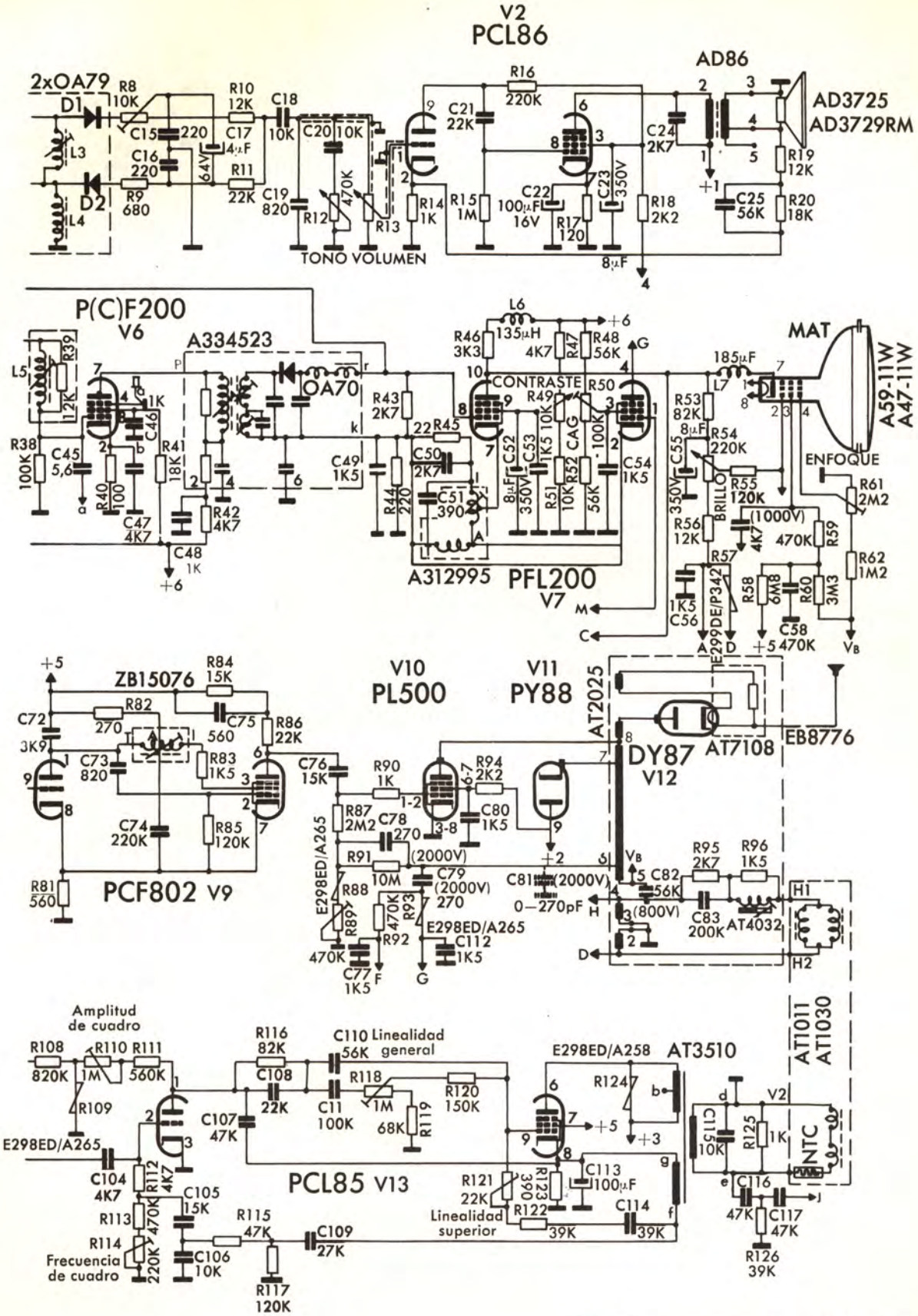
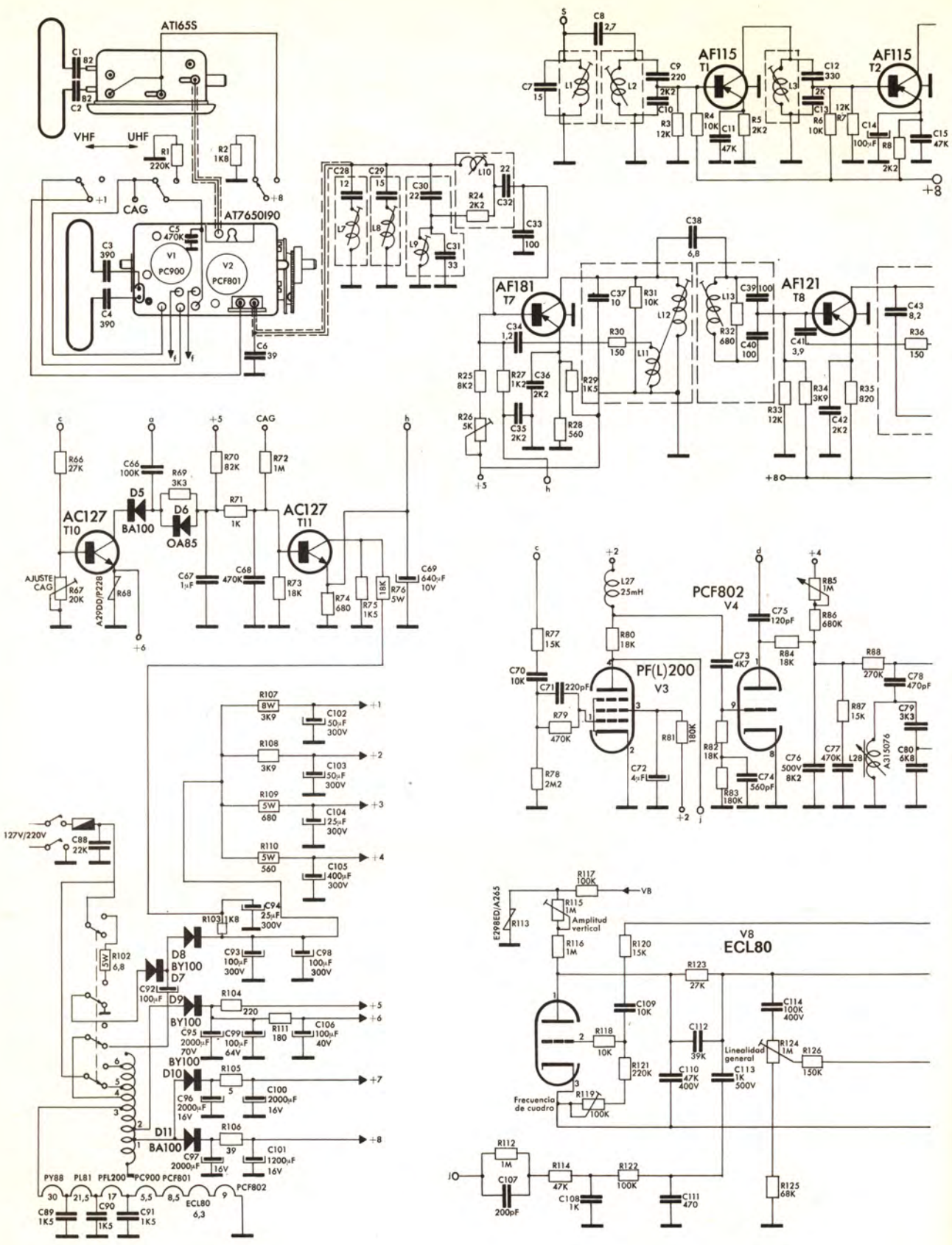


Figura 3. — Esquema de un TV de válvulas.


AT165S
VHF
UHF
CAG
AT7650190
V1
PC900
V2
PCF801
AF115
T1
AF115
T2
AF181
T7
AF121
T8
AC127
T10
AC127
T11
PCF802
V4
PF(L)200
V3
V8
ECL80
127V/220V
Amplitud vertical
Linealidad general
Frecuencia de cuadro
PY88
PL81
PFL200
PC900
PCF801
PCF802
ECL80

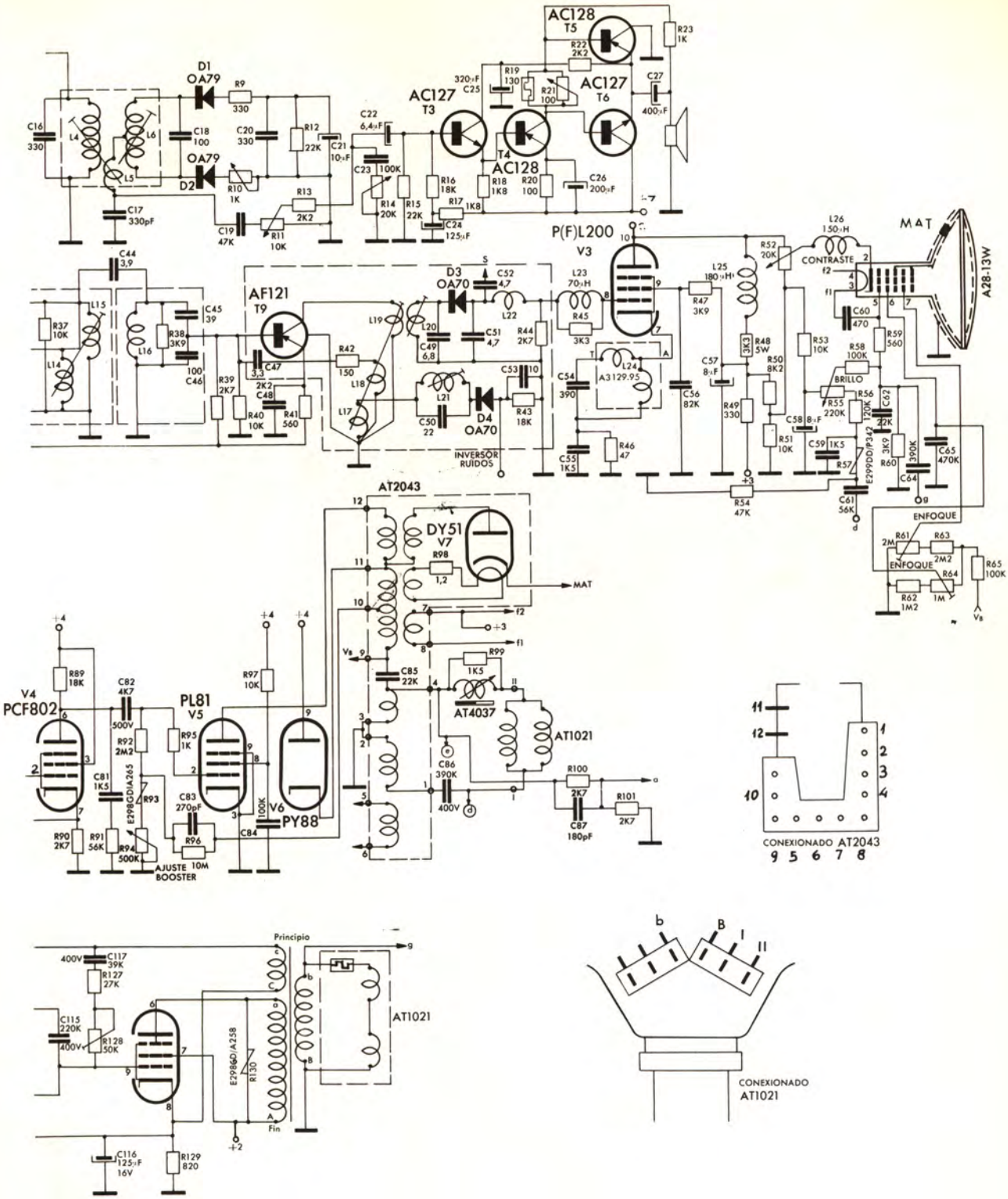
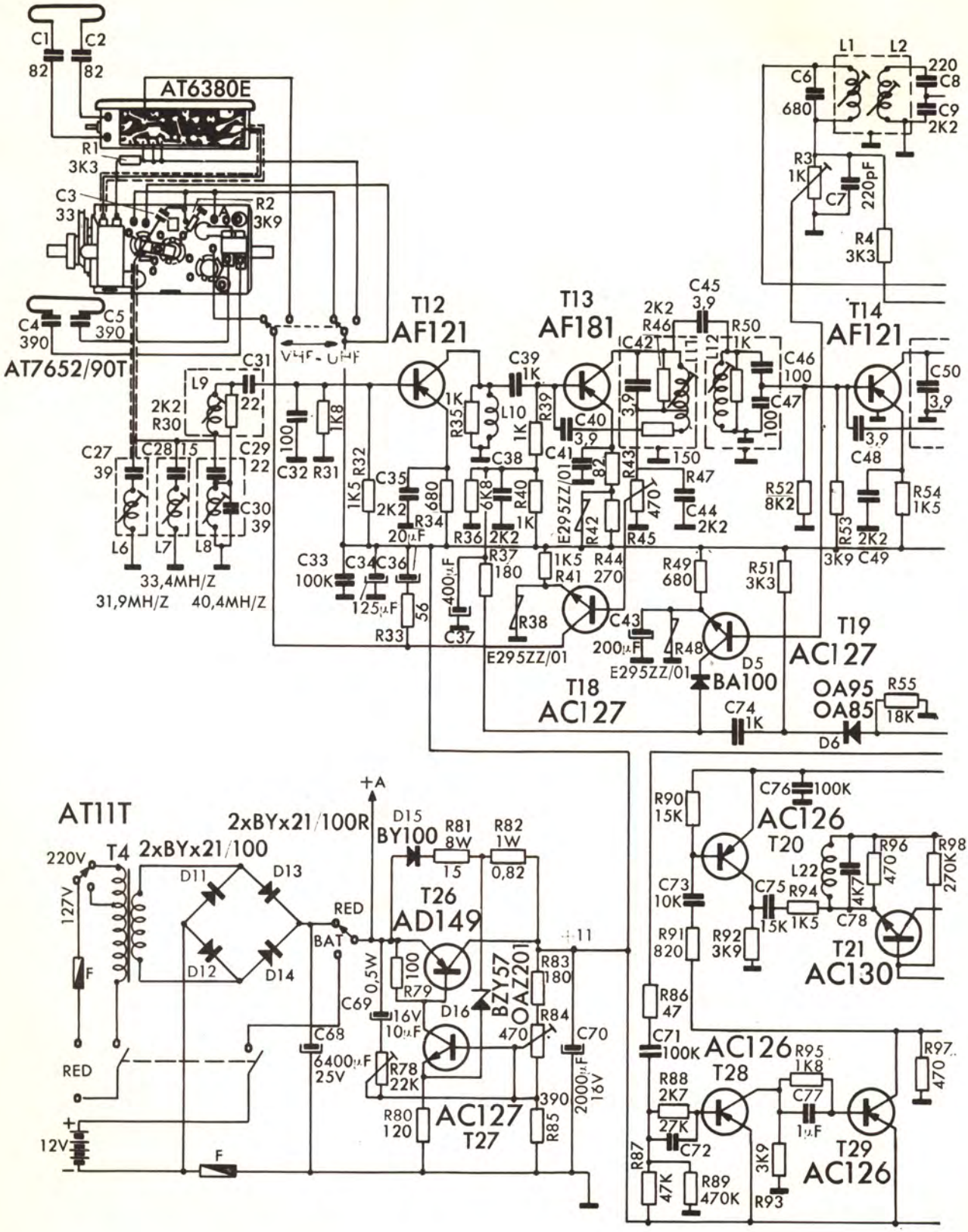


Figura 4. — Esquema de un TV híbrido.


AT6380E
AT7652/90T
AT11T
T12
AF121
T13
AF181
T14
AF121
T18
AC127
T19
AC127
T20
AC126
T21
AC130
T26
AD149
T27
AC127
T28
AC126
T29
AC126
VHF - UHF
2xBYx21/100R
2xBYx21/100
BY100
BA100
OA95
OA85
BZY57
OAZ201
E295ZZ/01
33,4MH/Z
31,9MH/Z
40,4MH/Z
220V
127V
12V
RED
BAT

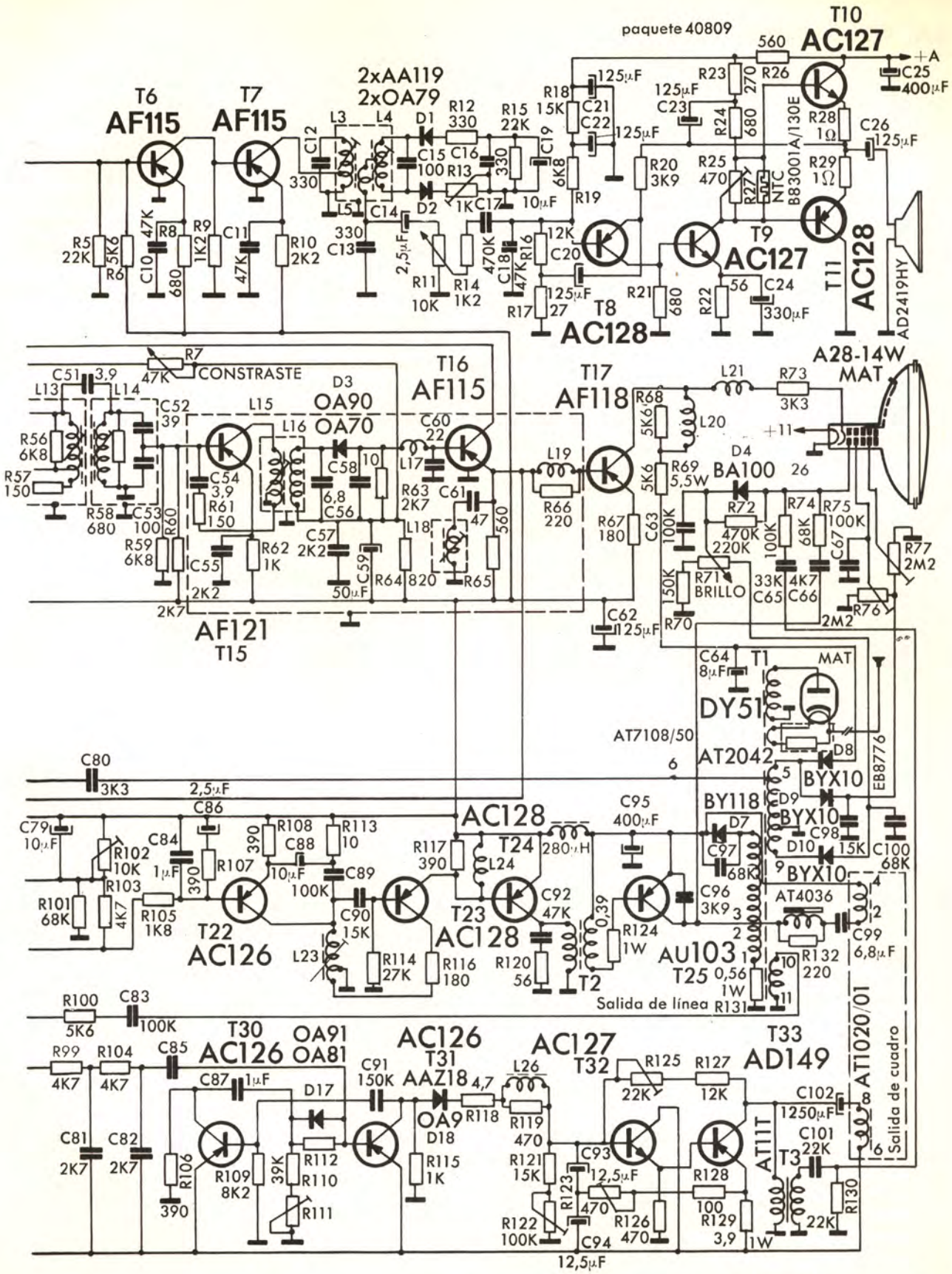


Figura 5. — Esquema de un TV transistorizado.

LA SOLDADURA

Otra cuestión de la máxima importancia para el buen funcionamiento del aparato son las soldaduras, tanto de elementos entre sí, como de las tomas al chasis. Debe tenerse en cuenta que el fallo de una soldadura, si se presenta en forma intermitente —como suele suceder—, es una avería por lo general engorrosa y de difícil localización. Nos permitimos insistir sobre este particular, ya que es un factor decisivo tanto en el montaje como en la reparación. Es fundamental que las soldaduras estén bien hechas; en caso contrario los resultados que se obtengan pueden ser muy desalentadores.

Una soldadura bien efectuada es aquella que presenta un aspecto liso y brillante, no con el estaño rugoso y con puntas que se produce al separar el soldador de la soldadura; para ello es necesario disponer de un soldador de punta fina y dejarlo en el punto a soldar, con la cantidad suficiente de estaño y resina, sólo el tiempo necesario para obtener la soldadura lisa y brillante que hemos indicado, y para no recalentar excesivamente las piezas a soldar.

La potencia del soldador no es necesario sea exagerada. Con unos 30 W se pueden efectuar todas las soldaduras de un televisor, incluidas las tomas de masa, si éstas están previstas con lengüetas preparadas al efecto.

LOS MODULOS

Orientaremos el montaje teórico en forma de módulos, o grupos, de forma que cada uno de ellos tenga una misión definida sobre el conjunto del televisor; hacerlo de distinta manera sería totalmente inadecuado para el objetivo que debemos pretender: montar el televisor y conocerlo íntimamente, para luego en caso de inconvenientes no tener que explorar un conjunto demasiado complejo. Para ello dividiremos los esquemas en las siguientes partes fundamentales:

1.° El mueble con el chasis.
2.° La alimentación o central de energía.
3.° Sintonización de alta frecuencia y conversión.
4.° Amplificación en frecuencia intermedia y detección.
5.° Amplificador de sonido.
6.° Amplificación de video frecuencia y control automático de ganancia.
7.° Separación y amplificación de sincronismos.
8.° Amplificador frecuencia cuadro.
9.° Amplificador frecuencia línea y MAT.
10.° Alimentación del TRC y bobinas deflectoras.

EL MUEBLE Y LA DISIPACION DEL CALOR

Obsérvese que como primer módulo hemos incluido el mueble con el chasis; en realidad no se trata de un módulo, pero para el montaje del televisor es fundamental disponer de un chasis adecuado al circuito a montar y sus razones de estética; luego deberemos colocar el conjunto en una caja lo más elegante posible, o sea, el *traje* del televisor.

Dejando aparte las cuestiones estéticas en cuanto a la forma del mueble, sólo desde un punto de vista técnico indicaremos que es conveniente se trate de un modelo que permita la mayor refrigeración posible del calor, que se desprende del interior del televisor, pues la temperatura excesiva de los componentes eléctricos del mismo es causa de prematuros envejecimientos, y por tanto de averías. Ésta es una cuestión importante, a tener en cuenta por el técnico, la buena refrigeración de los componentes, lo cual equivale a decir mueble con suficiente holgura, «nada de trabajos estrechos e incómodos» para los componentes.

Al comentar este asunto de la refrigeración, aparece la ventaja de los circuitos transistorizados; no es que en estos montajes no se deba pensar en la refrigeración, pero por el solo hecho de no utilizarse filamentos de calefacción la generación de calor en el interior del mueble ya es mucho menor, si bien insistimos en que también es necesaria la refrigeración adecuada.

Un sistema mueble puede encontrarse con el chasis horizontal o con la versión de chasis vertical; sobre este particular hay preferencias, pues como se puede observar en el mercado hay televisores de ambos modelos; la indudable ventaja del tipo vertical reside en el momento de la reparación, ya que para la inspección y comprobación del circuito no hay que dar la vuelta al mueble, pero en cuanto a refrigeración las opiniones son diversas y la realidad es que no solamente depende de la posición del chasis, sino también de

la disposición de los elementos del mismo. Ésta también será una cuestión a tener en cuenta cuando se trata de colocar los componentes en el chasis: Pensar en una correcta colocación de los elementos en los cuales la disipación de calor puede ser importante, como son las resistencias bobinadas previstas para fuertes disipaciones de calor, a veces de 5, 10 y hasta 15 vatios

El cableado a mano y los circuitos impresos

Antes de adentrarnos en el montaje del televisor veamos un poco lo que comercialmente se entiende por *montaje en módulos* y hagamos un repaso a los principales componentes del televisor, o sea, aquellas piezas que por ser de uso exclusivo en televisión no son conocidas por quienes han tratado normalmente con componentes de radio.

El sistema más económico para el montaje de un televisor sin tener en cuenta el factor tiempo es el de alambrarlo a mano, o sea, colocando unas regletas de conexión y disponiendo los componentes entre éstas y los zócalos de las válvulas; este sistema quizá sea el mejor, tanto desde el punto de vista de la refrigeración como en caso de reparaciones, pero tiene un inconveniente: cuando se trata de montar varios componentes, el montaje debe efectuarlo una persona con mucha preparación y tiempo; por tanto, no resulta económicamente rentable. Por ello, el sistema más económico, menos expuesto a errores y fácil de llevar a cabo por personal menos preparado, consiste en efectuar el montaje del circuito interesado en una plaquita de circuito impreso; con ello se pueden fabricar series de módulos a precio de montaje reducido, y el montador se limita a la unión de los varios módulos entre sí, con la consiguiente facilidad de montaje, ahorro de tiempo y de posibles errores. En caso de avería cabe la posibilidad de sustituir por completo el módulo dudoso en un tiempo también relativamente reducido.

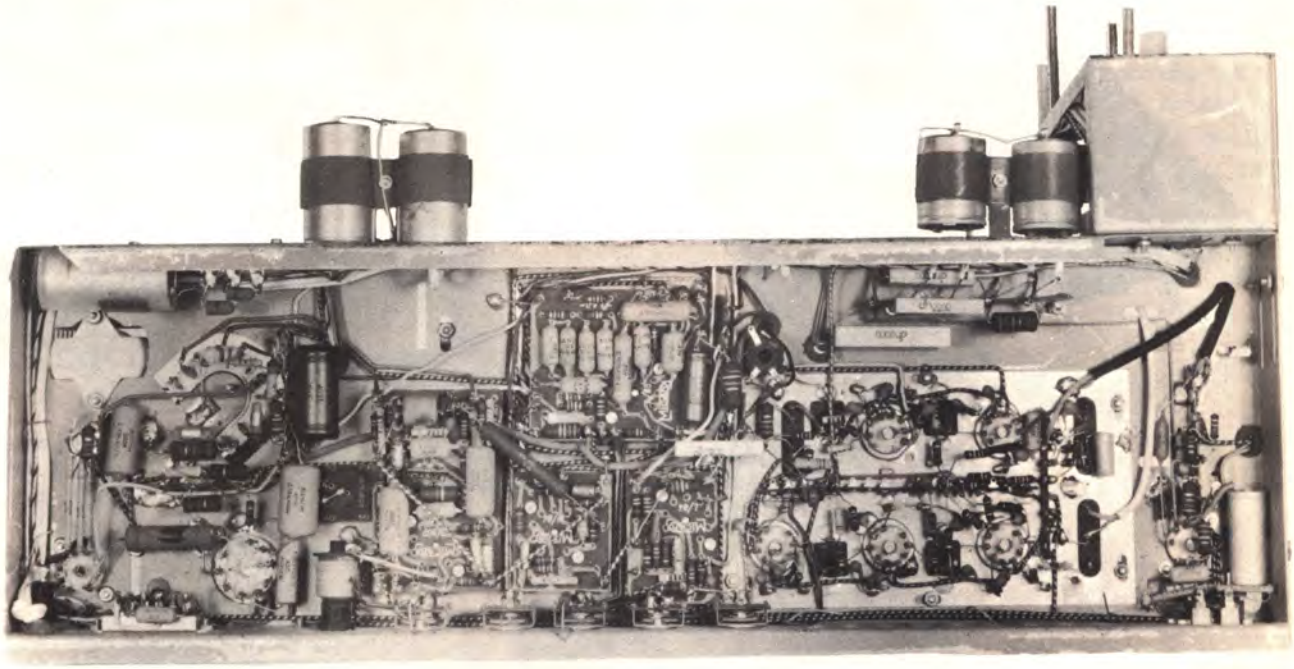


Figura 6. — Circuito de la parte inferior de un chasis de televisión en el cual el montaje se ha efectuado empleando pequeños módulos.

Actualmente, debido a la comodidad y facilidad de montaje, en las pequeñas series ya casi se emplea exclusivamente este tipo de montaje y en las grandes cadenas de producción se emplea también preferentemente el circuito impreso, con la diferencia de que en vez de utilizar pequeños módulos, en cada uno de los cuales se realizan una o varias funciones de una válvula, se emplean conjuntos mucho más complejos en los cuales ya se reúne el conjunto de válvulas o transistores de un televisor.

En la figura 7 puede verse un módulo con la co-

rrespondiente válvula, separado del chasis, observándose que los componentes están situados en la parte superior del circuito impreso, mientras que la parte inferior, o sea, la que no se ve desde el chasis, el circuito está debidamente señalizado con indicación de cada uno de los componentes y sus valores correspondientes, con lo cual se facilita mucho la posterior comprobación del módulo en caso de avería.

Después del examen de estos dos tipos de montaje se comprende fácilmente que cuando es posible disponer de un circuito impreso ya preparado al esquema que interesa, con todo y que los componentes no estuvieran colocados o soldados al mismo, la decisión se inclinaría sin duda por la placa de circuito impreso, ya que su precio queda ampliamente compensado ante la economía de tiempo que con ello se obtiene.

Sea el sistema de alambrado a mano o el de pequeños módulos prefabricados —a menos que se nos dé la disposición de los varios elementos en el chasis— debemos efectuar un primer tanteo para estudiar su situación en el mismo; pero para efectuar este primer paso antes del inicio del montaje conviene conocer los componentes disponibles para ello.

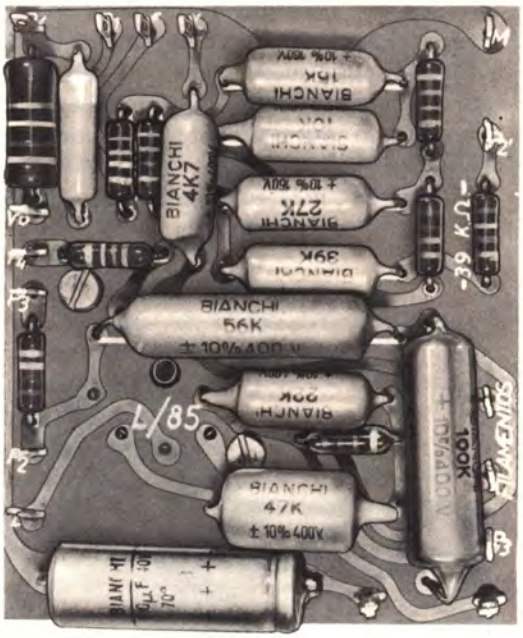


Figura 7. — Aspecto de un pequeño módulo separado del chasis; en el mismo se aprecian los componentes montados sobre circuito impreso y los bornes o lengüetas para las conexiones del mismo con el resto del circuito del televisor.

EL MATERIAL

Para comentar el caso particular de cada uno de los componentes, menos familiares, empezaremos por presentar en forma resumida una lista completa de los materiales que intervendrán en el montaje.

Lista de materiales para un televisor

Mueble con chasis.
Tubo de imagen.
Selector de canales para VHF.
Sintonizador de canales para UHF.
Transformador de sonido y altavoz.
Transformador de línea.
Transformador de cuadro.
Bobinas deflectoras.
Control de linealidad.
Soporte y cables MAT.
Condensadores cerámicos.
Condensadores poliéster.

Condensadores styroflex.
Condensadores electrolíticos.
Potenciómetros para mando y ajuste.
Cambio de tensión y fusible.
Diodos y NTC.
Válvulas y transistores.
Resistencias de 1/2 W, 1 W, 2 W y bobinadas.
Hilo conexiones, tornillos, etc.

El primer componente de la lista es el mueble con el chasis, de los cuales hemos hecho anteriormente los comentarios necesarios. El segundo es el tubo de imagen, del cual hemos estudiado su constitución; además no ofrece problemas de distinción ya que se trata de un componente de gran tamaño; sólo indicaremos que es una de las piezas del televisor de mayor coste y mayor peligro.

Todos conocemos la implosión que produce la rotura de una lámpara normal de incandescencia para iluminación; no quisiéramos que nadie tuviera ocasión de comprobar lo que puede pasar con la implosión de una lámpara del tamaño del TRC, no solamente por el ruido si la rotura fuese violenta, sino también por la posibilidad de un accidente.

Nuestro consejo es retirar el tubo de su embalaje únicamente para colocarlo y fijarlo en el mueble. Para ello se habrá preparado previamente éste, sacando los tornillos de fijación y disponiéndolo en forma plana o lo que podríamos llamar boca abajo, de forma que al colocar el tubo dentro del mueble y sin fijarlo, éste no pueda moverse. Ver la figura 8. Es recomendable colocar debajo del mueble al menos un fieltro o manta doblada para amortiguar un posible golpe de la superficie de imagen contra la mesa o lugar donde se efectúe la operación.

Una vez fijado el tubo en el mueble, éste podrá ponerse en posición vertical. Una vez terminadas todas las manipulaciones en el interior del mueble, se recomienda colocar la parte posterior, fijada al menos por un tornillo en su borde superior, con objeto de evitar un posible golpe en el cañón del tubo, que es una de las partes delicadas del mismo.

Indiquemos finalmente que el tubo no es una pieza peligrosa, con posibilidad de explosión, si se la trata correctamente, ya que los fabricantes toman también sus precauciones para que esto no suceda. Todo ello no quita de que tomemos precauciones con su manejo y conservación.

La superficie exterior del tubó, comprendida entre la pantalla de imagen y el cañón, es negra como se indica en la figura 9; se trata de una superficie pintada con un barniz conductor a base de grafito que, como se recordará, actúa de electrodo de tierra del condensador de muy alta tensión (MAT). Esta superficie deberá estar conecta-

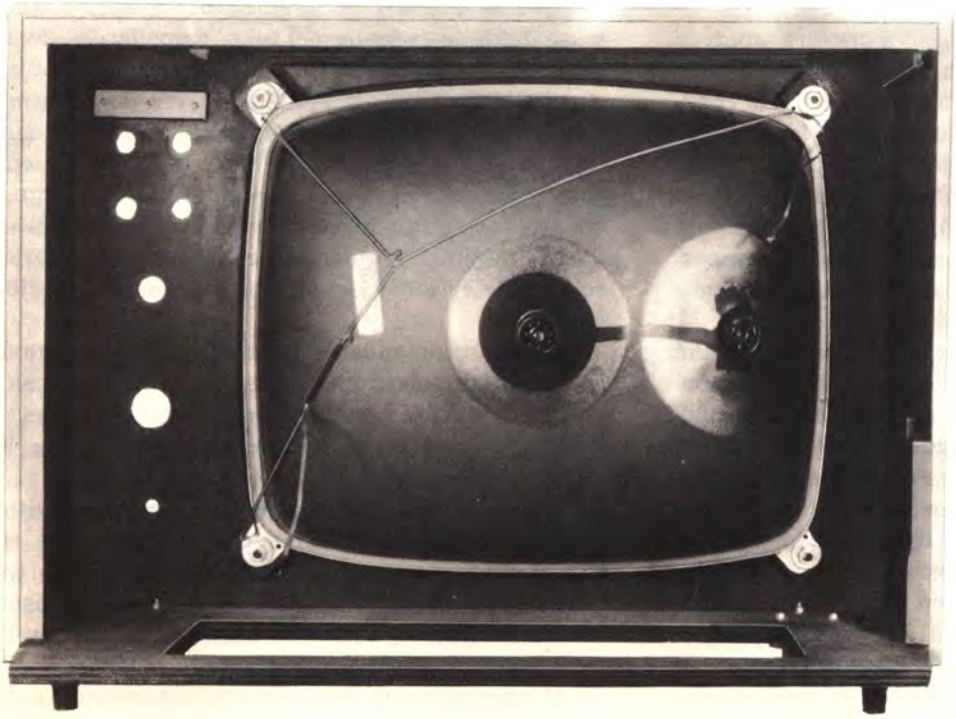


Figura 8. — Colocación del tubo de imagen en el interior del mueble del televisor.

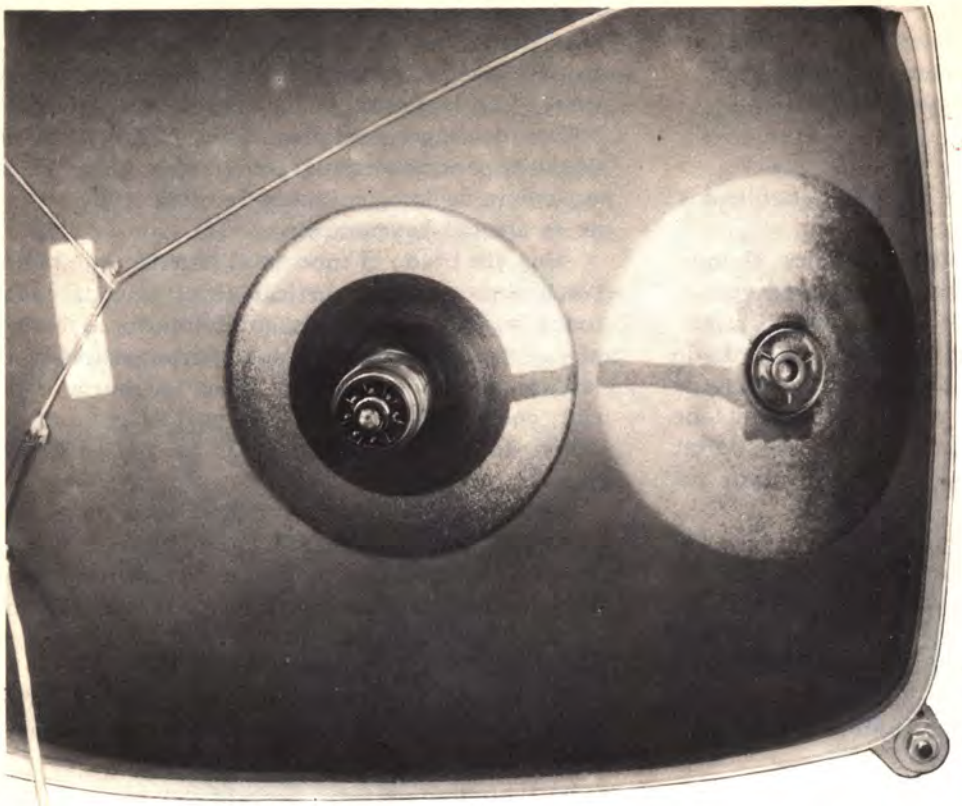


Figura 9. — Aspecto del tubo de imagen en el cual se aprecia la superficie externa negra que, debido a su semiconductividad, actúa como placa de tierra del conductor de MAT. Detalle del borne o conexión de MAT en el tubo de imagen de televisión.

da a tierra y se tratará adecuadamente para que no salte el barniz y menos en la superficie de contacto con la toma de tierra, ya que ello ocasionaría un chisporroteo que causaría molestias en la imagen.

Dentro de esta superficie conductora aparece una zona circular (fig. 9) en cuyo centro se encuentra el borne de muy alta tensión. La conexión a este borne debe efectuarse con clavija especial, como se indica en la figura 10, la cual lleva una ventosa que tiene la misión de aislar el borne de la superficie exterior. Ésta debe estar limpia y seca con objeto de evitar efluvios o fugas superficiales de corriente durante el funcionamiento del aparato.

Para la unión de los electrodos del cañón del tubo al resto del circuito se emplea el correspondiente casquillo, al cual se soldarán las conexiones según la disposición dada por el fabricante. Se recomienda no efectuar soldaduras en el casquillo con éste enchufado en el tubo, ya que un recalentamiento de los electrodos puede llevar a inconvenientes en las patitas que salen del tubo a través del vidrio. Téngase en cuenta que normalmente se hacen las conexiones a los portalámparas y después ponemos la lámpara o válvula; no lo hagamos al revés con el tubo de imagen.

Finalmente, hacemos algunas recomendaciones de carácter general. Aunque repitamos alguna de ellas, consideramos necesario mencionarlas todas en este lugar.

Para la buena conservación del material luminiscente de la pantalla del tubo, es peligroso dejar concentrado un exceso de energía sobre un punto o una línea, o sea, si aparece en vez de la iluminación total de la pantalla toda la energía concentrada en un punto o en una raya, ello puede causar la destrucción del material luminiscente; en estos casos se reducirá la energía o luminosidad al mínimo por medio de los mandos exteriores del televisor y se pasará y subsanará mejor el defecto.

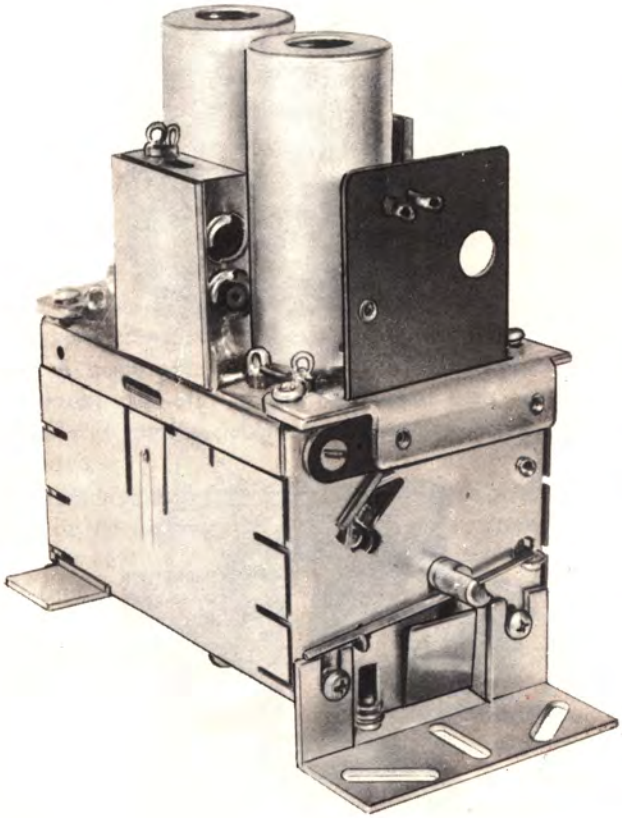
No es recomendable hacer funcionar el tubo, ni todas las conexiones conectadas en su zócalo, ya que puede ser causa de descargas internas.

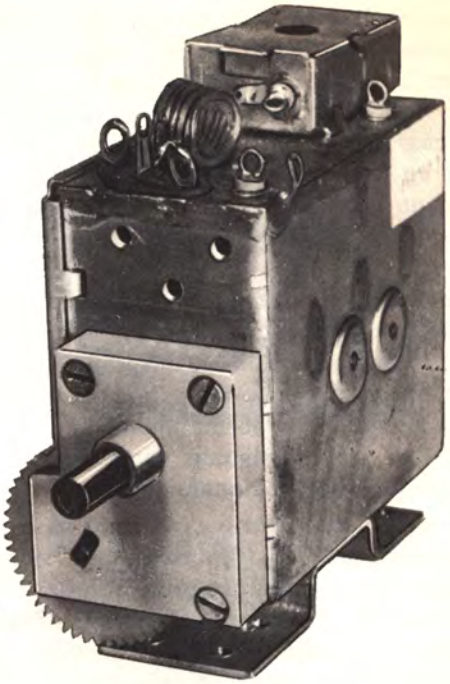
Respetar la superficie semiconductora de la parte exterior del tubo.

Tomar las adecuadas precauciones para evitar golpes en el tubo y evitar también rayas en su superficie, debido a su contacto con objetos duros, ya que ello puede ser causa de implosión más o menos inmediata, debido a una debilitación de la resistencia del vidrio.

Al manipular un tubo que recientemente ha es-

Figura 10. — Conexión especial para la MAT al TRC. Obsérvese la ventosa para aislar el borne de la parte exterior.





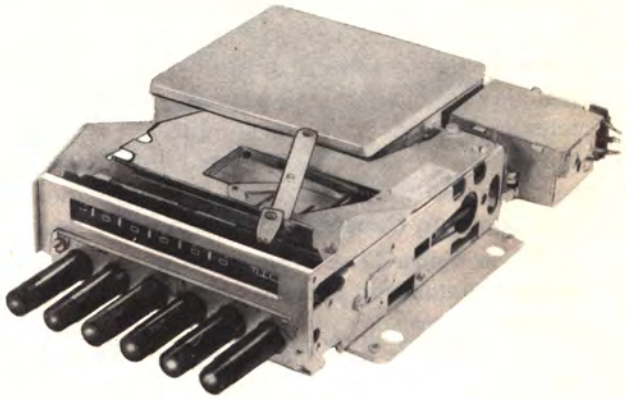


Figura 11. — Aspecto externo de un selector de canales para VHF (a), de un sintonizador de UHF (b) y de un conjunto integrado de sintonía para VHF y UHF (c).

tado funcionando, debe tenerse en cuenta que puede existir una carga de corriente entre su borne de MAT y la superficie semiconductora, pues como hemos indicado antes entre el electrodo y la capa forman un condensador cuyo dieléctrico es el vidrio. Esta carga no es peligrosa en sí, pero si llegase a producirse con el tubo en las manos o en posición no muy adecuada puede dar lugar a una reacción inesperada del manipulador y causar un accidente.

Digamos también que es conveniente una adecuada ventilación del tubo, sin someterlo en particular a calentamientos localizados, debido a estar adosado al mismo alguna pieza con fuerte disipación calorífica. Todos sabemos cómo se rompe el vidrio en estos casos, y aunque se trata de vidrio de buena calidad será mejor no exponerse a desagradables sorpresas.

Siguiendo con la lista de materiales aparecen el selector de VHF y el sintonizador de UHF. Es-

tos dos elementos, cuya función de amplificación y conversión ya hemos expuesto anteriormente, requieren también cuidado en cuanto a su manipulación interior, pues debe tenerse en cuenta que se trata casi siempre de circuitos ya montados y ajustados, en los cuales cualquier alteración de sitio de alguno de sus componentes puede dar lugar a desajustes y posterior irregularidad de funcionamiento.

Su forma, circuito, conexionado y demás ya fue tratado anteriormente; sólo queremos indicar que es del todo imprescindible disponer del esquema de conexionado propio de cada aparato, según sea su fabricante, pues normalmente hay variaciones entre ellos, incluso algunas veces en lo relativo a las tensiones de funcionamiento.

A modo recordatorio ofrecemos el aspecto de un selector de VHF (fig. 11), de un sintonizador de UHF y de un conjunto integrado de VHF/UHF.

En cuanto al altavoz ya nos es sobradamente conocido y lo mismo diremos de los transformadores; de todos modos ofrecemos una figura de cada uno de ellos, ya que en cuanto al de línea y de cuadro tenemos que hacer alguna indicación.

El transformador de línea es un componente especial, pues se trata de un transformador que trabaja a frecuencia muy elevada —la de línea del televisor— y además debe suministrar una tensión muy alta —la de MAT—; es por esto que si bien se comprende se trata de un transformador, aparece como un transformador de aspecto desusado.

En la figura 12 se observa un modelo apto tanto para alambrado a mano como para montaje en circuito impreso.

El núcleo de este transformador no es a base de láminas de hierro especial, sino teniendo en cuenta su frecuencia de trabajo. Se trata de un núcleo de «Ferroxcube» en forma de cuadro, en uno de cuyos lados se halla el devanado de baja tensión y en otro el del MAT, con la correspondiente conexión en forma de caperuza para reducir los efluvios al mínimo.

Teniendo en cuenta lo elevado de la tensión de trabajo de este componente, y la posibilidad de un cebado de arco eléctrico entre sus devanados o conexiones, se emplean generalmente en su construcción materiales no inflamables y resistentes a los efluvios; no obstante, éstos deben evitarse durante el funcionamiento del televisor no solamente por los inconvenientes que pueden causar sobre la imagen, sino también para evitar el deterioro del TRC después de un mayor o menor tiempo de exposición a estas descargas.

Para el montaje de este transformador es esencial conectar a masa su parte metálica, lo cual se logra al fijarlo en el chasis, en el caso del alambrado a mano sobre chasis metálico, pero en el caso de circuito impreso debe tenerse muy en cuenta esta precaución.

En este caso es conveniente también la venti-

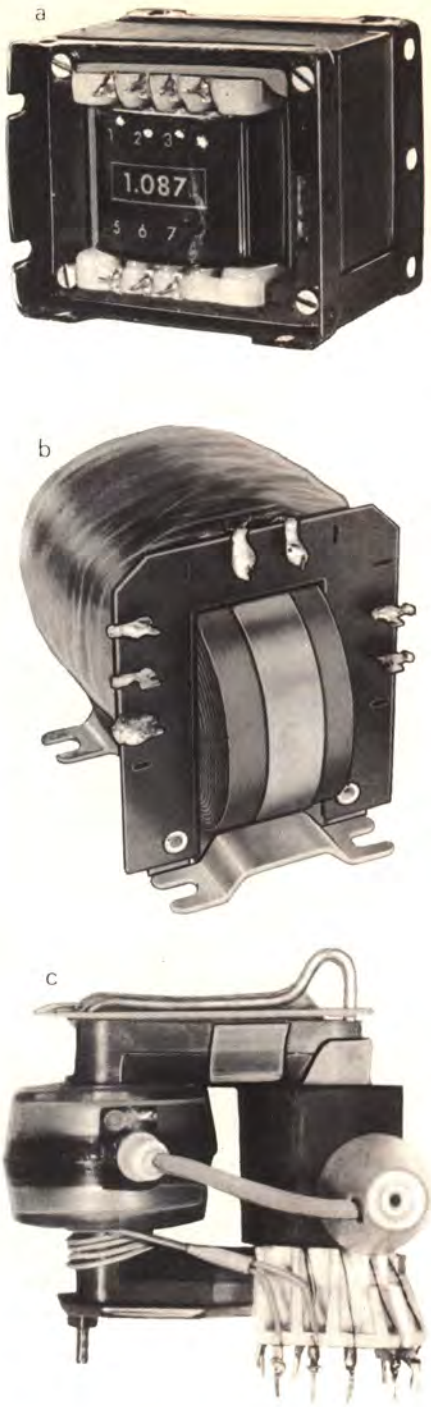


Figura 12. — Aspecto de los tres transformadores de salida de un televisor, el de altavoz o salida audio (a), el de cuadro (b) y el de línea (c).

lación, pues como veremos al tratar del montaje de la etapa correspondiente, este componente se coloca dentro de la llamada jaula de Faraday, algunas veces junto con tres válvulas, con lo que la temperatura dentro de la jaula puede en algunos casos ser muy elevada.

Las grandes exigencias que recaen sobre este componente lo convierten en una pieza que debe seleccionarse con mayor esmero si cabe que las otras, ya que lo elevado de su tensión de trabajo y la temperatura que alcanza en servicio (en televisores con válvulas) le imponen unas condiciones de servicio bastante duras; ello exige un diseño y fabricación muy esmerados.

En cuanto al llamado transformador de salida de cuadro, se cuida de alimentar a las bobinas deflectoras para la desviación en sentido vertical del punto luminoso, mientras que el de línea, tratado anteriormente, cuida de la desviación en sentido horizontal, observaremos que se trata de un transformador generalmente de forma clásica, como se indica en la figura 12.

La frecuencia de trabajo es la de cuadro del televisor, y como se observará en la anterior figura algunos fabricantes, en vez de emplear el clásico núcleo de plancha de forma rectangular, lo fabrican con dos núcleos en forma de O, colocando el bobinado como anillo sujetador de las dos piezas; con ello es posible lograr una mejor respuesta o menor deformación de los impulsos de cuadro.

El transformador en cuestión consta generalmente de tres devanados: uno primario, conectado con la válvula de salida de cuadro; otro secundario, que se utiliza para alimentar o transferir la energía a las bobinas deflectoras, y un tercer devanado para una realimentación negativa del circuito.

Siguiendo con la lista de componentes llegamos a las bobinas deflectoras o unidad de desviación, que como se sabe son las que desvían el punto luminoso, de forma que recorra toda la superficie de la pantalla y cuya energía necesaria para lograr al campo magnético la suministran los anteriores transformadores que hemos descrito de línea y de cuadro.

La unidad de desviación descrita muy someramente es un conjunto con dos devanados: el horizontal y el de desviación vertical. En la figura 13 se muestran varios modelos de unidades de desviación, en los cuales se aprecia la forma de los devanados, que tienen una disposición especial para acoplarse lo más perfectamente posible en la unión entre la ampolla del TRC y el cañón.

Se trata de una pieza delicada con varios dispositivos de ajuste, ya que se pretende obtener a través de este componente la más perfecta *geometría* posible en la pantalla del televisor. Los dispositivos de ajuste se entregan en la posición adecuada para un óptimo comportamiento en un tubo de imagen de referencia; en la práctica es posible tenerlos que retocar una vez el televisor en marcha y con la carta de ajuste u otra figura fija en la pantalla (la de una «mira»).

Figura 13. — Dos modelos diferentes de bobinas deflectoras.

Los medios de que dispone una unidad de desviación para la correcta obtención de la geometría de la imagen en la pantalla son: (ver fig. 14).

Dos imanes deslizantes correctores de la distorsión horizontal, con sus correspondientes correderas para enderezar las líneas horizontales de la parte superior o inferior de la imagen.

Dos imanes giratorios de Ferroxcube como los anteriores para la corrección de la distorsión verti-

cal. Están destinados a enderezar los bordes derecho e izquierdo de la imagen o trama. Estos imanes están imantados diagonalmente y pueden girar dentro de las piezas polares que los sujetan para la correcta distribución del campo magnético. Generalmente se indica la posición correcta de ajuste de fábrica con una marca roja.

Además, las prolongaciones o soporte de estas piezas polares pueden también ajustarse, ya que está prevista la traslación de dichas piezas alrededor de la unidad de desviación, si bien el espacio a recorrer es pequeño. Con ello se hace posible compensar la pequeña distorsión trapezoidal que pudiera existir en la imagen.

Dos discos imantados de centrado, cuya misión es la de centrar la imagen con relación al cuadro del tubo. Este ajuste sirve solamente para compensar la excentricidad que puede existir entre la imagen y la pantalla, o sea, como si quisiéramos poner un cuadro en su marco, trasladándolo en sentido vertical, horizontal, izquierda o derecha según convenga para obtener la coincidencia entre ambos, el marco y el cuadro o la imagen con la pantalla del TRC.

Otro componente que aparece en la lista, y cuya misión es también la de modificar la geometría de la imagen que aparece en la pantalla, es el llamado control o ajuste de linealidad. Se trata de una bobina que lleva como núcleo un imán de Ferroxcube, que puede deslizarse en su interior.

En la figura 14 se indican varios tipos de ajustes de linealidad; en ambos el ajuste de linealidad se efectúa variando la posición del imán con relación a la bobina, sea por deslizamiento o por rotación. Así se controla el grado de saturación de la bobina o inductancia, y se modifica la forma de la onda de línea y con ello se obtiene una imagen más o menos alargada en sentido horizontal, a cada lado de la imagen, y dejándola finalmente en la posición correcta.

Resumiendo, y para aclarar, diremos que *con este ajuste puede convertirse una circunferencia en elipse, debido a un ensanchamiento en sentido horizontal* o, al revés, *pasar de una forma elíptica incorrecta a la redonda deseada.*

Continuando con la lista de componentes llegamos al soporte y cables de MAT; el soporte es muy distinto a los normalmente empleados en las válvulas corrientes y los cables son con espesor aislante elevado. Ello obedece a las particulares condiciones en cuanto a tensión de servicio de la válvula rectificadora de MAT. En la figura 16 se indica un clásico soporte de MAT con el juego de cables, el de filamento y el de conexión de la MAT al TRC que aparece con la correspondiente ventosa o pipa.

Figura 14. — Detalle de los dispositivos para el ajuste de las bobinas deflectoras o unidad de desviación.

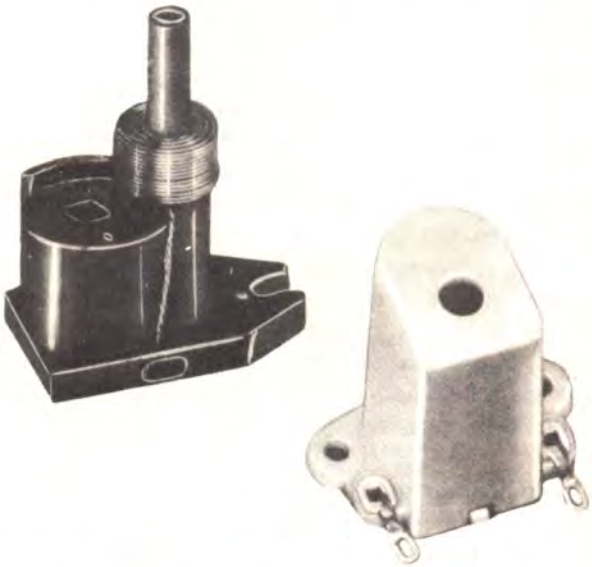


Figura 15. — Diversos modelos de ajustes de linealidad.

El resto de materiales que componen la lista es de uso normal en montajes de radio; solamente queremos recordar que deben respetarse los tipos de condensador que señale el esquema tanto en calidad de dieléctrico como en tensión. Lo mismo es válido para las resistencias en cuanto a su potencia de disipación.

En el caso de que intervengan transistores no hay que olvidar las precauciones necesarias para la soldadura de sus terminales, así como colocar

en cada caso el refrigerador adecuado.

Para el hilo de conexiones indicaremos que no nos sirve cualquier hilo aislado con una capa de plástico. Deberá emplearse hilo especial para cableado de aparatos electrónicos con la correspondiente marca de identificación, sea por el color o por franjas, que emplearemos según se trate de conexión entre filamentos, alta tensión continua, etcétera. Con ello no solamente se facilita el montaje, sino que en caso de avería permite seguir las conexiones internas del aparato con una mayor facilidad.

Figura 16. — Aspecto de un soporte para válvula rectificadora de MAT junto con el juego de cables para su conexionado.

DISTRIBUCION EN EL CHASIS

Si adquirimos en el mercado un mueble con el adecuado chasis, nos encontraremos con que una parte de los elementos que componen el circuito de televisión vendrán señalados en cuanto a situación por estar preparado el chasis con los correspondientes agujeros para su ajuste. Pero una decena parte de ellos no tiene una posición predeterminada en el mismo; será el montador quien tendrá que fijarla; para ello daremos algunas indicaciones de carácter general.

El selector de VHF y el sintonizador de UHF tienen una posición predeterminada, ya que ella va ligada con la posición de los mandos en el mueble del televisor. Siguiendo la señal, sabemos que a la salida del selector ésta pasa a la amplificación en frecuencia intermedia y detección; por lo tanto, este grupo lo colocaremos próximo a la parte de sintonización.

Del grupo de frecuencia intermedia y detección tendremos dos salidas principales: la de sonido y la de imagen; por tanto, colocaremos las válvulas o módulos de amplificación de audio y video al lado de las del módulo de frecuencia intermedia.

Con ello habremos predeterminado también la posición lógica del transformador de sonido, que estará al lado de la válvula correspondiente, pero con cierta separación para evitar su calentamiento por el calor de la válvula. La posición del altavoz o altavoces será la que corresponda según los agujeros del mueble.

Después de la válvula amplificadora de video, siguiendo el orden de la señal deberemos pasar a la separación y amplificación de sincronismos, los cuales a su vez deben pasar a los amplificadores de frecuencia de cuadro y de línea.

Con el amplificador y transformador de cuadro terminamos otra línea, pero debemos tener en cuenta que entre el amplificador de sincronismo y el de salida de línea está el oscilador de línea, que colocaremos en una posición intermedia entre ambos.

Junto con el amplificador de línea está el generador de MAT, cuyo conjunto se monta, normalmente, dentro de la llamada jaula de Faraday para evitar radiaciones perjudiciales para el resto del circuito o de otros aparatos próximos.

Esta forma o criterio de disposición es necesaria ya que como es sabido lo importante será que las conexiones con señal sean lo más cortas posible, dejando además la situación de los amplificadores, en particular el de línea de la parte de señal de entrada para evitar interferencias.

De acuerdo con lo anterior veamos la disposición lógica en el chasis típico, indicado en la figura 17, en la cual ya encontramos de fábrica los agujeros que en el mismo se observan; en la figura 18 se reproduce el mismo chasis, pero sin los soportes de la parte de sintonía y con la jaula de Faraday retirada.

En la figura 19 se señala la posible colocación de los varios módulos sobre el chasis de la figura 18, observándose en la misma el recorrido de la señal o señales a lo largo y ancho del chasis en cuestión. Se observará la colocación de los módulos de forma que la señal vaya transformándose en imagen y sonido sin grandes recorridos, que a fin de cuentas es lo que nos debe preocupar al efectuar la distribución, ya que no sacaríamos nada con invertir por ejemplo la posición del amplificador de cuadro con el de sonido. Sólo alargaríamos las conexiones y con ello aumentaríamos las posibilidades de encontrarnos con inconvenientes durante el montaje y después al comprobar interferencias en el funcionamiento del aparato.

Si en vez de tratarse del chasis, que hemos presentado como ejemplo, se tratase de otro, de forma o diseño diferente, nos veríamos obligados por algún motivo a variar la distribución, pero siempre teniendo en cuenta que las diversas etapas deben seguir un orden lógico; según la función que desarrollan, la situación física puede ser diversa; pero recordando la lista de módulos antes mencionados y el orden de la señal siempre se procurará la mayor proximidad entre los que emplean funciones inmediatas o sucesivas.

Cuando se trate de circuitos transistorizados, éstos lógicamente deberán montarse en circuito impreso y en tal caso, la distribución nos vendrá indicada por el diseño del circuito o placa impresa.

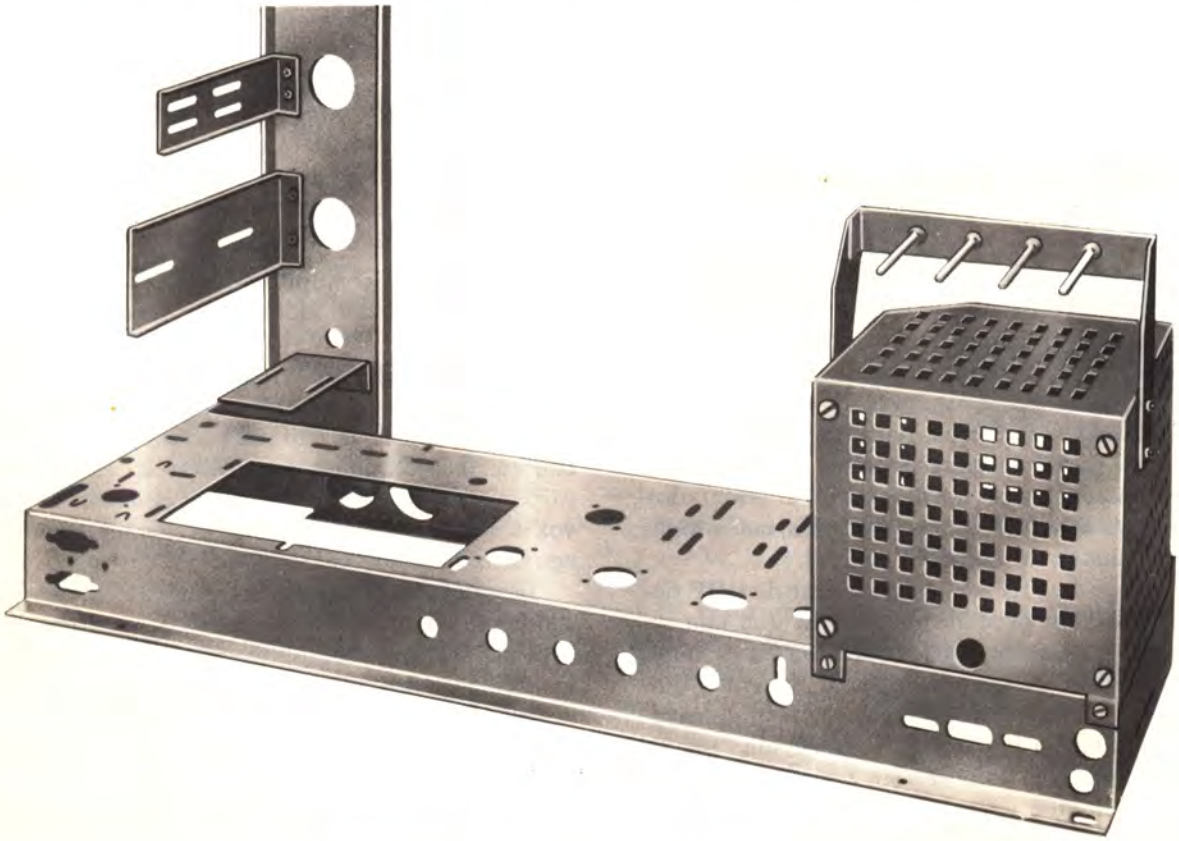


Figura 17. — Chasis para el montaje de un televisor en el cual ya se han practicado los agujeros para fijar las partes fundamentales del televisor.

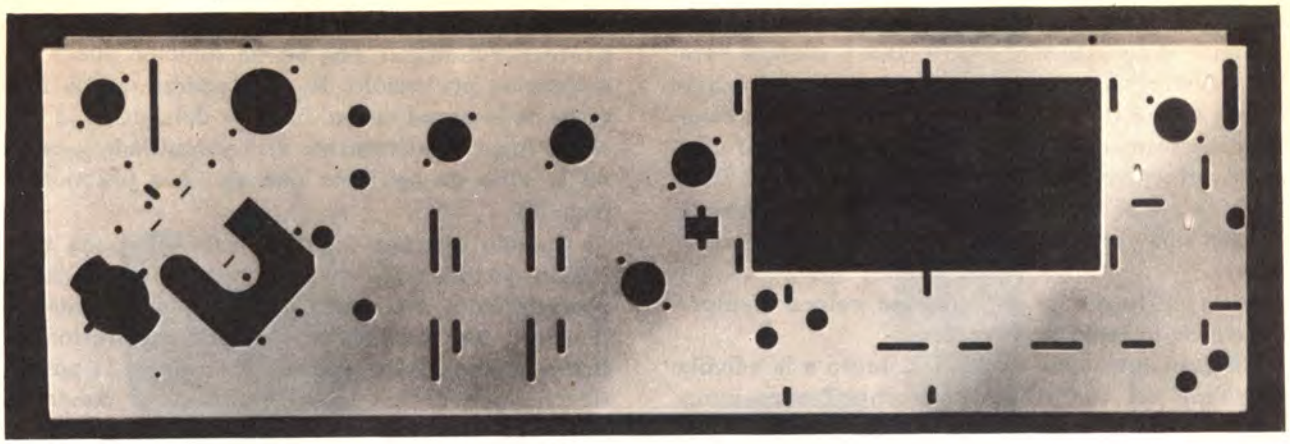


Figura 18. — Aspecto de la parte del chasis en la que deberemos efectuar la colocación de la mayor parte del circuito.

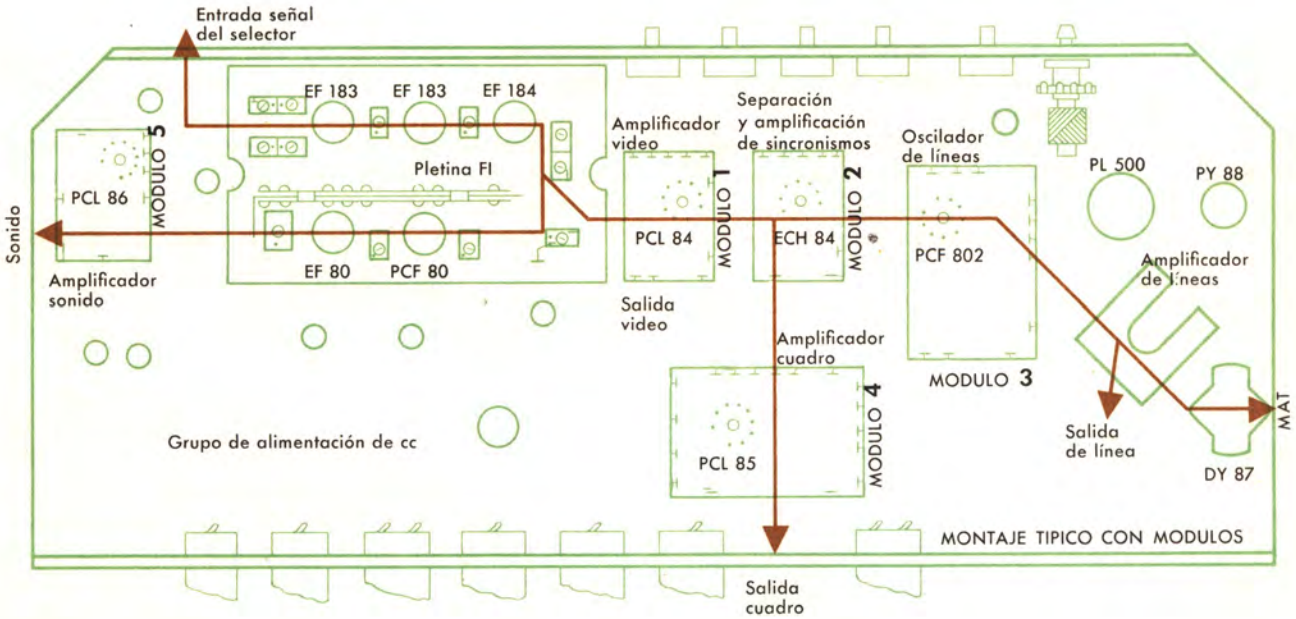


Figura 19. — Colocación de los módulos en el chasis.

MONTAJE MECANICO

Una vez en disposición del mueble con el correspondiente chasis y del material necesario para efectuar el montaje del televisor que nos interesa, efectuaremos el estudio de la posible distribución de las varias partes del circuito del televisor en el chasis.

Antes de comenzar con las conexiones debemos colocar los elementos en el chasis, es decir, debemos iniciar el montaje de la parte mecánica del televisor, comenzando con la colocación sobre el chasis de los varios componentes según la distribución prefijada y teniendo en cuenta que junto con los módulos debemos colocar los transformadores de línea, cuadro y sonido, los cuales situaremos en los lugares más inmediatos a sus válvulas o módulos correspondientes. También tendremos presente asignar un lugar adecuado tanto para el transformador de alimentación como para la «self» de filtro si los lleva el esquema escogido. Además buscaremos un lugar adecuado para los diversos condensadores de filtro (los electrolíticos). Todo ello teniendo en cuenta que la proxi-

midad entre transformadores puede dar lugar a fenómenos de inducción entre ellos y además para los transformadores, en particular el de alimentación y la self de filtro; no es aconsejable acercarlos excesivamente al tubo, ya que pueden ser causa de influencia sobre el punto luminoso en el TRC.

Para evitar estos inconvenientes y con objeto de dar una orientación de carácter general diremos:

El transformador de línea se coloca siempre dentro de la jaula de Faraday.

El transformador de cuadro, junto a la válvula de salida del cuadro, generalmente en las inmediaciones de la jaula de Faraday.

El transformador de sonido se coloca al lado de la válvula de salida de sonido o bien junto al altavoz de mayor tamaño caso de llevar dos altavoces como generalmente ocurre para dar una difusión frontal y lateral del sonido.

El transformador de alimentación se coloca siempre en los extremos del chasis, al igual que el de línea o de sonido, al objeto de alejarlo en lo posible del cañón del tubo de imagen; por tanto, lo pondremos próximo al extremo de salida de audio, con la precaución de poner en este caso el transformador de audio en el altavoz o bien en las inmediaciones de la jaula de Faraday.

Si en vez de ser horizontal el chasis fuese vertical, podríamos colocarlo en uno de los extremos inferiores del mismo, y el sonido o de línea en los extremos superiores.

En el caso de utilizar «self» de filtro, este elemento se colocará también no muy próximo al cañón, si bien en este caso —por tratarse de un campo magnético intenso pero prácticamente constante— su influencia no es tan decisiva como en el caso del transformador de alimentación. Se acostumbra a colocar también tanto en chasis vertical como horizontal, en la parte baja prácticamente debajo mismo del cañón, ya que como se comprenderá hemos ocupado todo el resto de lugares adecuados para la colocación de una pieza de este tamaño y peso.

Debemos buscar también un lugar adecuado a los condensadores de filtro. Éstos no pueden colocarse en cualquier sitio. Primero por su tamaño y segundo por ser piezas que *requieren un lugar frío.*

Si la disponibilidad de espacio lo permite pueden colocarse en posición vertical sobre el chasis, pero tomando la precaución de no colocar debajo de los mismos las resistencias de carga para la alimentación y filtraje de los varios circuitos del televisor, pues ello equivaldría a colocar una estufa debajo de ellos. Una buena solución es colocarlos en la parte lateral externa del chasis cuando se trata de chasis horizontal. En el chasis anteriormente indicado, una buena solución puede ser colocarlos por medio de abrazaderas en los agujeros de la pared lateral interior del chasis, ya que es un lugar relativamente frío y ventilado a causa de la serie de agujeros que ya lleva practicados (fig. 20).

Cuando estemos seguros de la adecuada colocación de todas las piezas citadas sobre el chasis procederemos a su colocación, fijándolas adecuadamente con tornillos y arandelas de presión sobre el mismo. En la figura 21 se indica la posible distribución de los transformadores y condensadores de filtro sobre el chasis, señalando que es una buena costumbre que todos los transformadores lleven una pata soldada al chasis. Esto, como se recordará, es fundamental en el caso del transformador de línea; lo mismo recomendamos para los condensadores de filtro; no basta con el contacto a través de la abrazadera de fijación; es mucho más seguro soldar una conexión entre su borne de tierra si lo llevan y el chasis. Téngase en cuenta que el llamado condensador *doblador de tensión se debe montar siempre con la parte metálica aislada del chasis,* para lo cual ya lleva una protección aislante sobre el tubo metálico.

Continuando con el montaje mecánico, y antes de efectuar ninguna conexión, procederemos a la colocación de los varios módulos y resto de componentes en los lugares asignados o, siguiendo el anterior ya expuesto, colocarlos lo más cerca posible del grupo o circuito en el que intervienen.

Otra parte muy importante a realizar será la colocación de los potenciómetros de mando y los selectores o sintonizadores de canales. Efectuaremos la fijación mecánica de estos componentes con el chasis, en los lugares ya prefijados por el fabricante del mueble y del chasis, ya que ellos tienen relación con los botones exteriores del aparato.

Es necesario efectuar esta parte del montaje de forma definitiva, presentando los mandos y colocando los botones como si el aparato ya estuviera terminado, ya que después, una vez efectuadas las conexiones, si se presenta cualquier inconveniente en la parte mecánica su solución es mucho más difícil, pues no se tratará de sacar tornillos y tuercas, sino que habrá de por medio hilos y soldaduras.

Quede claro que debemos efectuar el montaje total del aparato antes de efectuar ninguna de las conexiones eléctricas del mismo, y cerciorarnos de que todo está conforme, con los ejes de los potenciómetros correctamente cortados, centrados sus agujeros y con los botones colocados, con los selectores funcionando perfectamente en cuanto

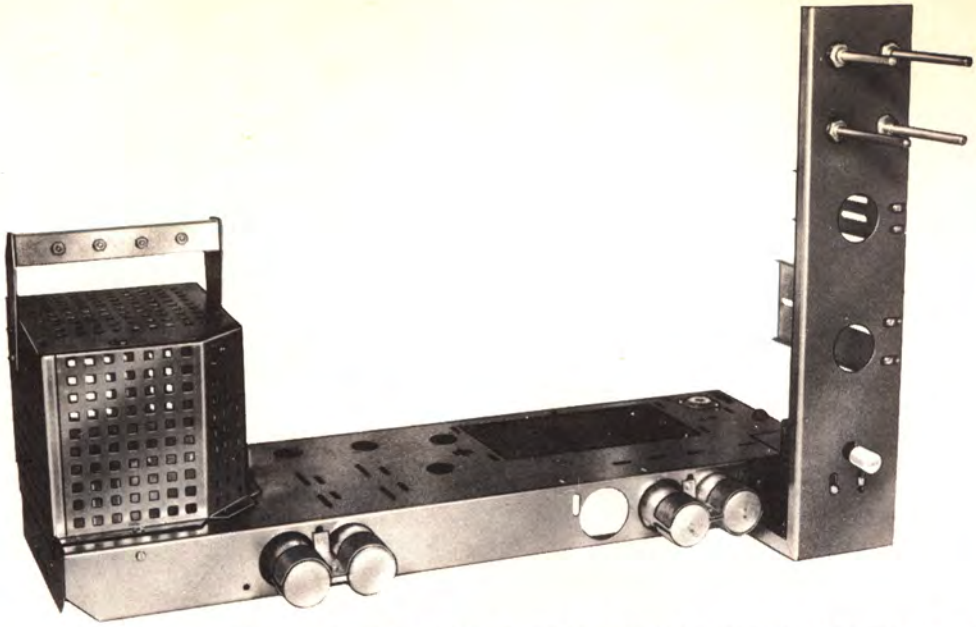


Figura 20. — Disposición normal de los condensadores electrolíticos en un chasis horizontal.

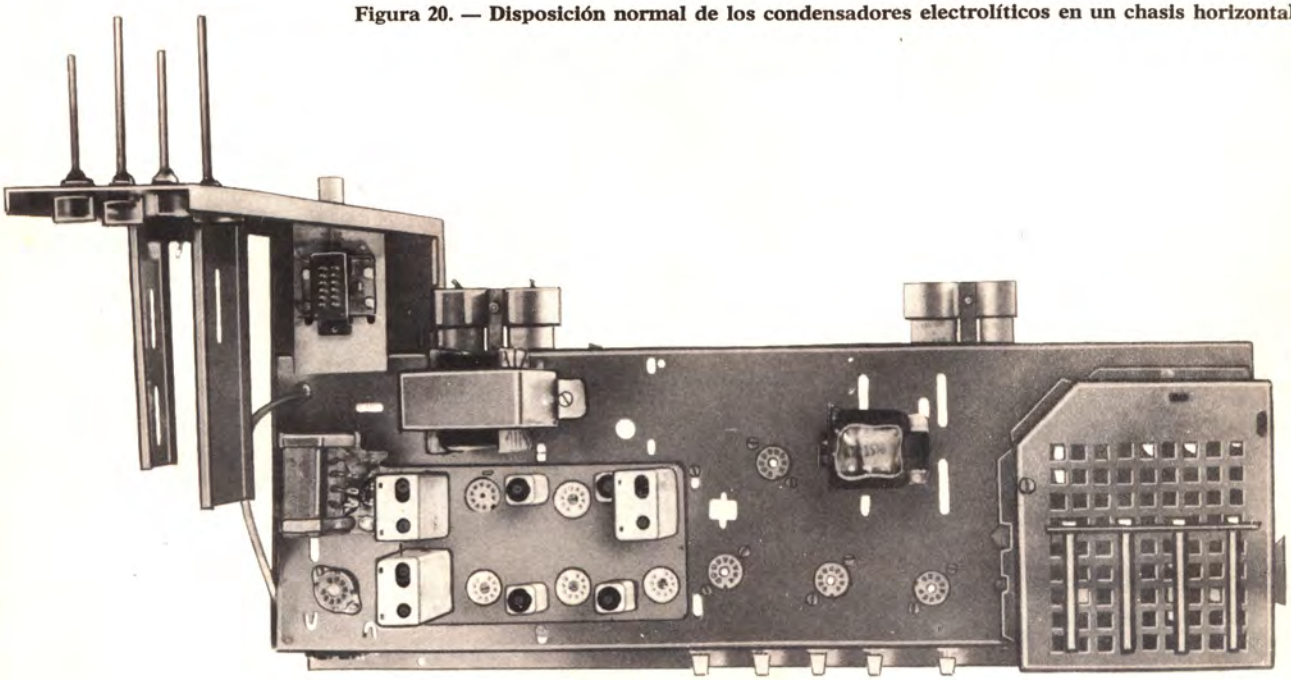


Figura 21. — Chasis con sus principales componentes, ya situados y fijados mecánicamente.

a la operación mecánica del cambio de canal y sintonía fina, etc.

Una vez el televisor totalmente montado en cuanto a la parte mecánica se refiere, y comprobado que todo funciona como es debido, seguros de que es correcto su aspecto exterior, en cuanto a situación de botones, procederemos a retirar el chasis y la parte de mandos del mueble para iniciar el montaje eléctrico del aparato. Sin embargo, antes recomendamos comprobar que las partes metálicas internas del aparato, normalmente bajo tensión cuando el televisor funciona, no tienen contacto alguno con las partes metálicas externas del mismo, pues en caso contrario éstas también estarán bajo tensión cuando el aparato funcione y podrían dar lugar a una serie de sacudidas desagradables para el futuro usuario; en particular se recomienda mucho cuidado con la tapa del aparato televisor si se trata de una tapa metálica.